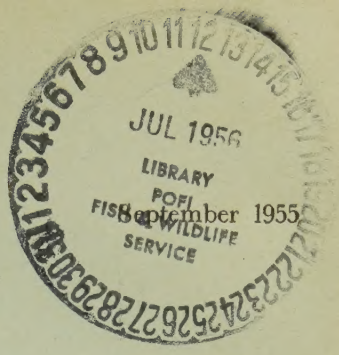
No. 11 (Contribution B)

September 1955



BULLETIN
OF
TOKAI REGIONAL
FISHERIES RESEARCH LABORATORY

FISHERIES AGENCY

水　産　廳
東海區水產研究所研究報告

第 11 号

東 海 区 水 産 研 究 所

東京都中央区月島西河岸通 12—2

昭 和 30 年 9 月

TOKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

TSUKISHIMA, TOKYO, JAPAN

東海区水産研究所研究報告

第 11 号

(昭和 30 年9月)

目　　次

水　産　資　源

生　　物

業績番号

阿部宗明　(B—217)

西太平洋産オキメダイ（新称）の成魚に就いて

竹村嘉夫・奥谷　喬　(B—204)

アラフラ海「東」漁場より採取された白蝶貝の附着動物について

高野秀昭　(B—207)

1951 年秋房総沖で採集した浮游性珪藻に就いて

吉原英吉　(B—213)

サバの耳石に顕われる輪紋に就いて

数　　理

土井長之　(B—209)

瀬戸内海におけるイワシの漁況について——Ⅱ．漁獲高の自然環境に対する相関及び漁況の予報

土井長之　(B—216)

瀬戸内海におけるマダイ資源について

田中昌一　(B—219)

産卵総量の推定——Ⅰ．垂直曳による推定法及びその問題点

田中昌一　(B—220)

産卵総量の推定——Ⅱ．九州西方海面におけるマイワシ産卵量の推定

海　　洋

渡辺信雄・平野敏行　(B—221)

1955 年夏季東北海区海況予想について

渡辺信雄　(B—224)

北洋の海況——Ⅰ．夏季の表層に於ける水温変化について

業績番号

深井麟之助 (B—152)
海水中の微量化学成分分析法の検討——Ⅲ．還元ストリキニン試薬による硝酸態窒素の定量法に就ての注意

深井麟之助・塩川文子 (B—208)
北太平洋アリューシャン列島近海に於ける溶在主成分に就て

増　殖

猪野　峻・相良順一郎・浜田颯子・玉河道徳 (B—212)
東京湾に於けるヒトデの産卵期について

漁具漁法

宮本秀明・高山博充 (B—201)
網糸と網糸とが擦れ合つて起こる摩耗——Ⅰ．

宮本秀明・野村正恒・塩田衛二・野沢靖 (B—214)
定置網の網地の使用中に起こる抗張力の減退と使用限界張力に関する研究

水産化学

松本重一郎・金光庸俊 (B—205)
Biuret 反応による魚肉蛋白質の定量について

水産物利用

保蔵・加工

内山均・天野慶之・横関源延 (B—225)
ねり製品の保蔵の研究——Ⅲ．包装による含糖カマボコの保蔵効果

東　秀雄・村山繁雄・簗瀬正明・田部井菊子 (B—215)
未利用水産動物の餌料化に関する研究——Ⅰ．ヒトデより飼料の製造

油脂・ビタミン

簗瀬正明 (B—210)
水産動物のビタミン B_{12} について——Ⅴ．ヒトデのビタミン B_{12} について（其の二）

簗瀬正明 (B—211)
水産動物のビタミン B_{12} について——Ⅵ．魚類の胃及び腸内容物のビタミン B_{12} 含量

平尾秀一・山田充阿彌・菊地嶺 (B—218)
ニジマス卵の成分と発眼率

業績番号

平尾秀一・山田充阿彌・菊地嶺 (B—222)
魚肉のビタミンAに関する研究——Ⅳ. 魚皮のビタミンA含量

東 秀雄・金子徳五郎・杉井麒三郎 (B—223)
深海産鮫類肝油の利用に関する研究——XI. 深海産鮫類肝油のビタミンA含量とその分子蒸溜に就て

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-tokai-regional-fisheries-research-laboratory_1955-09_11

TABLE OF CONTENTS

MARINE RESOURCES

Biology

Contribution No.

ABE, T. (B—217)

Notes on the Adult of *Cubiceps gracilis* from the Western Pacific.

TAKEMURA, Y. and OKUTANI, T. (B—204)

Notes on Animals Attached to the Shells of the Silver-Lip Pearl Oyster, *Pinctada maxima* (JAMESON), Collected from the "East" Fishing Ground of the Arafura Sea.

TAKANO, H. (B—207)

Plankton Diatoms Collected off Bôsô District in August, 1951.

YOSHIHARA, E. (B—213)

On ths Rings Appearing on the Otolith of One Form of the Japanese Mackerels.

Mathematics and Statistics

DOI, T. (B—209)

On the Fisheries of "Iwasi" (Sardine, Anchovy and Round Herring) in the Inland Sea—II. Relationships of Yield to Environments and Predicton of Fluctuations of Fisheries.

DOI, T. (B—216)

Dynamical Analysis on Porgy *Pagrosomus major* (T. & S.) Fishery in the Inland Sea of Japan.

TANAKA, S. (B—219)

Estimaton of the Abundance of the Eggs of Fish such as Sardine—I. Method of Estimation by Vertical Haul of Plankton Net.

TANAKA, S. (B—220)

Estimation of the Abundance of the Eggs of Fish such as Sardine—II. Abundance of the Eggs of the Japanese Sardine in the Western Area off Kyusyu in 1952.

OCEANOGRAPHY

WATANABE, N. and HIRANO, T. (B—221)

An Attempt to Predict the Surface Temperature of the North-Eastern Sea Adjacent to Japan for the Summer, 1955.

Contributin No.

WATANABE, N. (B—224)
Hydrographic Conditions of the North-Western Pacific. Part 1. On the Temperature Change in the Upper Layer in Summer.

FUKAI, R. (B—152)
Critical Studies on the Analytical Methods for Minor Chemical Constituents in sea water (Part 3)

FUKAI, R. and SHIOKAWA, F. (B—208)
On the Main Chemical Components dissolved in the Adjacent Waters to the Aleutian Islands in the North Pacific.

MARINE PROPAGATION

INO, T., SAGARA, J., HAMADA, S. and TAMAKAWA, M. (B—212)
On the Spawning Season of the Starfish, *Asterias amurensis*, in Tokyo Bay.

FISHING GEAR AND METHODS

MIYAMOTO, H. and TAKAYAMA, H. (B—201)
Durability of Netting Threads Against Self-Friction—I.

MIYAMOTO, H., NOMURA, M., SHIOTA, E. and NOZAWA, Y. (B—214)
The Decreasing Strength of Set Nets During the Submersion Period, and the Minimum for Utility.

CHEMISTRY OF AQUATIC PRODUCTS

MATSUMOTO, J. J. and KANAMITSU, T. (B—205)
A Biuret Methods for Determining Fish Muscle Proteins.

UTILIZATION OF AQUATIC PRODUCTS

Preservation and Processing

UCHIYAMA, H., AMANO, K. and YOKOSEKI, M. (B—225)
A Study on the Preservation of Fish-cake—III. Effect of Plastic Casing upon the Storage of Sugar-added Fish-cake.

HIGASHI, H., MURAYAMA, S., YANASE, M. and TABEI, K. (B—215)
Studies on Utilization of Worthless Marine Animals for Feed—I. Production of Starfish Solubles for Feed.

Fats, Oils and Vitamins

YANASE, M. (B—210)
Studies on Vitamin B_{12} of Aquatic Animals—V. Vitamin B_{12} of

Contributin No.

the Starfish (2).

YANASE, M. (B—211)

Studies on Vitamin B_{12} of Aquatic Animals—VI. The Vitamin B_{12} Level in the Gastric and Intestinal Contents of Fish.

HIRAO, S., YAMADA, J, and KIKUCHI, R. (B—218)

Relation Between Chemical Constituents of Rainbow Trout Eggs and the Hatching Rate.

HIRAO, S., YAMADA, J. and KIKUCHI, R. (B—222)

Vitamin A in Fish Meat—IV. Vitamin A Content in the Skin of Fishes.

HIG ASHI, H., KANEKO, T. and SUGII, K. (B—223)

Studies on Utilization of the Liver Oil of Deep Sea Shark—XI. Vitamin A Content and Molecular-Distillation of the Liver Oil of Deep Sea Sharks.

水　産　資　源

MARINE RESOURCES

生　　物

Biology

数　　理

Mathematics and Statistics

Notes on the Adult of *Cubiceps gracilis* from the Western Pacific*

By

Tokiharu ABE**

On December 25, 1954, the writer collected a large example of *Cubiceps gracilis* LOWE measuring 96 cm in total length at the Central Wholesale Market of Tokyo. It was taken by long line for swordfish off Hachijō Island. Several fish-dealers there told him that this species had appeared at the market very rarely and that they were in need of an authorized Japanese name for it. On checking the diaries written by the auther since April, 1947, when he began the daily visit to the market just mentioned, it has been found that on July 23, 1949, a medium-sized example of this species of *ca.* 40 cm total length was observed by the writer at the market. Mention was made of the pores of the skin and of the remarkably long pectoral fin. But at that time he was not specifically interested in gathering the specimens of this species. Recently, while working on Stromateoidei and Tetragonuroidei, he became much interested in the change of body form and the structure of the lateral pockets of the posterior part of the pharynx in these fishes, and on December 25, 1954, proposed to purchase all the examples of *Cubiceps gracilis* to be shipped to the market mentioned above. Fish-dealers recognize the fish easily by the resemblance with *Mupus japonicus* (DÖDERLEIN). Till April 7, 1955, additional four adult examples of *Cubiceps gracilis* were obtained and three or four badly-damaged examples were reported to have been shipped at the market. The latter examples were mostly not seen by the writer. He does not know the reason why so many adult examples were shipped to the market during some 100 days. According to the captain of the "No. 2 Kōryō-maru" who caught and shipped one of the adult example of *Cubiceps gracilis*, this fish is usually thrown away at fishing grounds because of its low price.† The flesh is white and oily as in *Ruvettus* or *Tetragonurus*, and only added to the flesh of sharks or other so-called rare fishes taken by long line for tunas in making fried fish-cakes.

So far as the writer is aware, adult examples of *Cubiceps gracilis* have not been recorded from Japanese waters. And if the small examples of *Mulichthys squamiceps* LLOYD (reported by OKADA & MATSUBARA, 1938, p. 159, and by KAMOHARA, 1938, p. 24; 1941, pp. 175, 176; 1952, p. 37), *Cubiceps squamiceps* (LLOYD) (reported by MATSUBARA, 1955, p. 579) and *Cubiceps natalensis* (GILCHRIST & VON BONDE) (reported by KAMOHARA, 1952, p. 35) represent distinct species from *gracilis*, the present paper is believed to be the first to record the occurrence of *gracilis* from Japanese waters.

***Cubiceps gracilis* LOWE**

"Oki-medai" (new Japanese name††)

Seriola (*Cubiceps*) *gracilis* LOWE, 1843, Proc. Zool. Soc., pt. xi (1843), p. 82, Madeira.

* Contribution from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, B—No. 217. Received July 16, 1955.

** Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, and Zool. Inst., Fac. Sci., Tokyo Univ.

† In view of the fact that this species is taken commercially in Balayan Bay (Philippine Is.) (after HERRE & HERALD, 1951, p. 327) and that they collected 23 specimens, 75 to 138 mm in length, in the Lemery and Taal markets (Luzon) in April, 1948, it is not surprising that this species appears not infrequently in the western Pacific.

†† If *Mulichthys squamiceps* LLOYD recorded by OKADA and MATSUBARA (1938, p. 159) is identical with *Cubiceps gracilis*, the Japanese name, "Urokoibodai", proposed by them, may be used. Fourty-five days later, KAMOHARA proposed the name "Bōzu-konnyaku" for *squamiceps*.

(*continued on p. 62*)

Cubiceps gracilis GÜNTHER, 1860, Cat. Fish. Brit. Mus., ii, p. 389. —— REGAN, 1902, Ann. Mag. Nat. Hist. (7) x, p. 123. —— FOWLER, 1938, Acad. Nat. Sci. Philad. Monogr. 2, p. 196. —— LEGENDRE, 1940, C. R. Soc. Biogeograph. Paris, xvii, no. 146. Not seen in the original. —— SPARTÀ, 1946, Boll. Pesca Piscicolt. Idrobiol. Roma, xxii, pp. 17-21, pl. —— SMITH, 1949, Ann. Mag. Nat. His., ser. 12, vol. ii, pp. 849, 850. [Regards *capensis* (SMITH, 1849) to be identical with *gracilis*.] —— 1950 (1949), Sea Fish. Southern Africa, pp. 307, 308, fig. 856. —— HERRE & HERALD, 1951, Philip. Journ. Sci., lxxix, no. 3, pp. 324, 325, Luzon.

Atimostoma capense SMITH, 1845 (1849), Ill. Zool. S. Afr., pisc., pl. 24. Not seen in the original.

Cubiceps capensis GÜNTHER, 1860, Cat. Fish. Brit. Mus., ii, p. 389. —— REGAN, 1902, Ann. Mag. Nat. Hist. (7) x, p. 123. —— THOMPSON, 1916, Mar. Biol. Rep. iii, p. 105. Not seen in the original. —— GILCHRIST & VON BONDE, 1924, Fish. Mar. Biol. Surv. Rep. No. 3. Special Rep. No. IV, pp. 7, 8. —— BARNARD, 1927, Ann. S. Afr. Mus., xxi, pt. II, pp. 891, 892. FOWLER, 1938, Acad. Nat. Sci. Philad. Monogr. 2, p. 196. —— BARNARD, 1948, Ann. S. Afr. Mus., xxxvi, pp. 389-392, figs. 10-12.

Navarchus sulcatus FILIPPI & VERANI, 1860, Mem. Acc. Sci. Tor. (2) xviii, p. 7. Not seen in the original.

Trachelocirrus mediterraneus DOUMET, 1863, Rev. et Mag. Zool. 1863, pl. 15. Not seen in the original.

***Specimens studied*:**

Cat. No.	Locality	Date of catching	Total length (mm)	Fork length (mm)	Standard length* (mm)	Sex	Remarks
Abe 10155	33°30′ N 143°30′— 144°00′ E	December, 1954	*ca.* 960	*ca.* 900	*ca.* 825	♀	(Fig. 1). Surface temperature 19.6°C. Dermal pores photographed. (Fig. 4)
Abe 10169	Pacific Ocean	Early in January, 1955	1030	950	885		Lateral sacs of the posterior part of pharynx photographed. (Figs. 2 & 3)
Abe 10173	32°10′— 32°11′ N 140°10′— 140°50′ E	February 1, 1955	1050	950	890	♀	Surface temperature 19°C
Abe 10178	50 miles southeast of Torishima (north of Bonin Is.)	Middle of February, 1955	*ca.* 1020	*ca.* 940	*ca.* 860	♀	
Abe 10179			1140	1070	1000		
Not preserved	Between Hawaii and Midway, or 32°N; 172°W	December 21, 1954— January 16, 1955	1130				

If *Cubiceps natalensis* GILCHRIST and VON BONDE recorded by KAMOHARA (1952, p. 35) is identical with *gracilis* and if *squamiceps* is distinct from the latter, the name, "Chigo-medai", proposed by him for *natalensis* may be used for *gracilis*.

The name "Oki-medai" (meaning *Mupus japonicus* of the offing) has been used for convenience' sake by several fishermen for *gracilis*, and the writer proposes here to adopt this name as an authorized name (if *squamiceps* and *natalenses* are distinct from *gracilis*).

Proportional measurements. The following measurements are given in hundredths of the standard length**: Greatest depth of body 23.5 (26.0, 24.9, 26.6, 26.6), greatest breadth of body 15.2 (more than 13.0, 15.2,

* Measured to the hind end of the vertebral column. The end has been exposed by removing the skin and muscles.

** The order of the figures corresponds to the order of the five specimens listed above, which bear catalogue numbers.

16.9, x), least depth of caudal peduncle 7.9 (7.1, 7.5, 7.7, 7.0), length of head 27.2 (28.5, 27.0, x, 26.8), horizontal diameter of orbit 5.7 (left) & 5.8 (right) (6.8 & x, 5.7 & 5.7, x & x, 6.4 & x), length of snout 10.0 (left) & 9.1 (right) (8.7 & x, 8.9 & x, x & x, 8.8 & x), interorbital breadth (above centers of orbits) 9.4 (x, 9.6, x, 10.6), length of longest* dorsal spine 11.4 (11.1, 12.1, 13.7, 9.8), length of longest** dorsal fin-ray 9.4 (8.5, 7.0, 8.3, 8.5), length of longest† anal fin-ray 9.0 (8.3, 7.0, 9.5, 7.5), length of longest†† pectoral fin-ray 34.6 (left) & 34.6 (right) (32.2 & 33.1, 32.6 & 32.6, 32.3 & 33.1, 30.8 & 30.6), length of longest§ ventral fin-ray 11.5 (left) & 11.6 (right) (x & x, 10.1 & 10.1, 11.0 & 10.5, 10.5 & 10.5).

Fin-formulae. D. XI. I 20 (all branched) [XI. I 20 (all branched), XI. I 20 (all branched), XI. I 20 (all branched), XI. I 20 (all branched)]. A. III 20 (all branched) [III 20 (all branched), III 20 (all branched), III 20 (all branched), III 20 (all branched)]. P. 22 (=ii+20) on both sides [21 (=ii+19) on both sides, 22 (=ii+20) (left) & 23 (=ii+20+i) (right), 22 (=ii+20) on both sides, 22 (=ii+19+i) & 21 (iii+18)]. V. I 5 (all branched) [I 5 (all branched), I 5 (all branched), I 5 (all branched), I 5 (all branched)].

Number of vertebrae. 31=12+19 in 1 specimen (Cat. No. Abe 10178).

Teeth and tongue. Teeth are present on jaws, vomer, palatines and tongue. The jaw teeth are rather short, arranged in a single row posteriorly and in two to several irregular rows anteriorly. The vomerine teeth are bristle-like, and arranged in a single row. The palatine teeth are bristle-like, arranged in a single row posteriorly and in two, or three, or several, rows anteriorly. The teeth of the tongue are arranged posteriorly in a single row along the middle line. They are bristle-like. In one specimen a similar tooth is present anteriorly in the middle line of the tongue. The tongue is broad, nearly rectangular (anterior margin being broadly rounded or rather forming a straight line), and the dorsal side is almost flat (slightly convex posteriorly).

Scales. The scales are cycloid, large and fairly deciduous. The number of scales along the lateral line is *ca.* 65 (left) & *ca.* 65 (right) (*ca.* 65 & *ca.* 67, *ca.* 67 & *ca.* 65, *ca.* 63 & *ca.* 69, *ca.* 65 & *ca.* 68). The number of scales above the lateral line and below the origin of the 1st dorsal fin 7 (left) and $6^1/_2$ (right) (6 & 6, $6^1/_2$ & $6^1/_2$, 7 & 6, 7 & 7). The number of scales above the lateral line and below the origin of the 2nd dorsal fin 7 (left) and $6^1/_2$ (right) (6 & 6, 7 & 6, 7 & $6^1/_2$, 7 & 6). The number of scales below the lateral line (above the anal origin) is *ca.* 22 (left) & *ca.* 21 (right) (*ca.* 20 & *ca.* 21, *ca.* 24 & *ca.* 22, *ca.* 20 & *ca.* 20, *ca.* 22 & *ca.* 22).

Branchiostegals, gills, pseudobranchiae, and gill-rakers. The left branchiostegal membrane anteriorly covers the right one in 3 out of 5 specimens. In 1 specimen they meet in mid-ventral line. In 1 specimen they are damaged. The number of branchiostegals is 6 (left) & 6 (right) (6 & 6, 6 & 6, 6 & 6, 6 & 6). Gills are 4 in number, and there is a large slit (having rakers along the margin) behind the 4th gill. Pseudobronchiae are well developed. There are no tubercles below them, but a few rakers are present near the upper-most gill-rakers of the 1st arch, which are marked with asterisks in the formulae. The number of gill-rakers on the 1st arch is 1*+11+1+18 (left) and 1*+1*+1*+11+1+18 (right) (2*+10+1+18 & 1*+10+1+18, 2*+10+1+19 & 2*+10+1+18, ?*+11+1+19 & 2*+11+1+19, 1*+11+1+19 & 3*+11+1+18).

General appearance, and color prior to preservation. The body is oblong-elongate, and not compressed. The eye is very large. The pectoral fin is remarkably long, much longer than head. The snout is rounded, and mostly naked, only the mid-dorsal part

* 4th (3rd, 3rd, 3rd, 3rd).

** 2nd (1st, 1st, 1st, 1st).

† 1st=2nd (1st, 1st=2nd, 1st, 1st).

†† 6th (left) & 6th (right) (6th & 6th, 7th & 6th, 6th=7th & 6th=7th, 6th & 6th).

§ 1st=2nd (left) & 1st=2nd (right) (× & ×, 1st=2nd=3rd & ×, 2nd & 1st=2nd, 1st=2nd & 1st=2nd).

being scaly. The anterior end of the base of the ventral fin is a very short distance in advance of the vertical through the postero-ventral end of the pectoral base. The ventral fins are received in a groove, which tapers posteriorly, and, passing the vent, reaches the anal origin. The innermost fin-ray of the ventral on each side is connected with the belly by a membrane. The first dorsal fin is received in a groove. The second dorsal, anal, pectoral and caudal fins are proximally covered by scales. The mouth is rather small; the posterior end of the upper jaw* is far in advance of the anterior margin of the orbit. The shape of the lower jaw is suggestive of *Tetragonurus*. The nostrils are paired on each side, and fairly close to the anterior end of the snout.

The color prior to preservation is uniformly brownish violet, only the pectoral fin being paler. The lining of the buccal cavity and the tongue are dark violet.

Lateral sacs of the posterior part of the pharynx (*figs. 2 & 3*). The posterior part of the pharynx is expanded laterally forming a pair of fairly hard sacs, each of which resembles a coiled abdomen of a boiled prawn. The internal dentigerous cavities of these sacs are continuous, but, externally, there is a dorsal bridge between the sac on either side. The long axis of the sac on each side is converging anteriorly and diverging posteriorly. The structure of the inside of the sac is complicated; there are five larger and six smaller muscular outgrowths stretching from the posterior wall of the sac. Each of these outgrowths resembles a cylinder or pillow or pier in shape, bears a large rectangular batch of teeth at its tip and a few (often paired) batches of teeth on its lateral sides. The inner surface of the outgrowth is naked. The concavities between these outgrowths and the anterior part of the sacs are beset with numerous horny dentigigerous outgrowths of varying shape and size which are supported by five to seven roots. These roots are often overlying on the roots of the neighboring outgrowths as in the dermal spines of *Diodon*. The teeth are all bristle-like and close-set. Differing from the figure and statement of *Cubiceps squamiceps* by MATSUBARA (1955), the teeth seem not to be articulated at the base, and the roots of the dentigerous outgrowths are slightly expanded distally in *gracilis* [differing also from *capensis* (after BARNARD, 1848, fig. 11b) in which the roots are attenuated]. The bridges above and below between the two lateral sacs are internally naked and smooth.

Pores beneath the scales (*fig. 4*), *and dermal canals*. The presence of the pores on the surface of body is very remarkable. They are not visible if the scales are not removed, but as the latter are rather deciduous, observers may rarely overlook their presence. The pores are usually rounded and small. Their arrangement is not regular, but beneath each scale is a set of pores, some being larger and the others smaller. These pores lead to dermal canals which form a network over the muscles of the body. The central longitudinal canal begins from the upper angle of the gill-opening, runs straight slightly above the middle line of the flank anteriorly and along the middle line posteriorly, terminating just behind the posterior end of the vertebral column. Probably it is continuous with the central longitudinal canal of the other side of the body. Crossing the central longitudinal canal are some 27 vertical canals. They curve near their dorsal and ventral ends, and connected with one another by much narrower horizontal canals, or, rather by a network of smaller canals. An injection of "latex" solution shows that the canals are continuous almost all over the flank and that the pores of varying size are the outlets of the canals. It may be added here that the lateral line seems not to be in special relation with the canal system.

Acknowledgments

The writer extends his sincere thanks to Mr. Gentaro KANAZAWA (captain of the

** In one specimen (Cat. No. ABE 10155), the length of the upper jaw is 6.7% of the standard length.

"No. 2 Kōryō-maru") and several middlemen at the Central Wholesale Market of Tokyo for their kindness in gathering the examples of *Cubiceps gracilis*. The writer also gratefully acknowledges the help of Mr. Yoshio TAKEMURA, Mr. Shōichiro TODA and Miss Yuriko TAKASHIMA.

References

In addition to the publications cited by ABE, 1954-1955, the following have been consulted:

ABE, T. 1954-1955. New, rare or uncommon fishes from Japanese waters. V. Notes on the rare fishes of the suborders Stromateoidei and Tetragonuroidei (BERG). Jap. Journ. Ichth., iii, pp. 170, 178, 192, 222, 246, 255, 256 (1954); the rest under press.

ARIOLA, V. 1912. Nuovo pisce abissale del Golfo di Geneva (*Cubiceps capensis* SMITH). Riv. Mens. Pesca, Pavia, vii, pp. 185-192, pl. Not seen in the original.

BARNARD, K. H. 1925, 1927. A monograph of the marine ffshes of South Africa. Ann. S. Afr. Mus., xxi, pt. 1 (1925), pp. 1-418, pls. 1-17; pt. 2 (1927), pp. 419-1065, pls. 18-37.

—— 1948. Further notes on South African marine fishes. Ann. S. Afr. Mus., xxxvi, pt. 5, pp. 341-406, pls. 9-13.

FOWLER, H. W. 1938. The fishes of the George VANDERBILT South Pacific Expedition, 1937. Acad. Nat. Sci. Philad. Monogr. no. 2, viii+349 pp., 12 pls.

GILCHRIST, J. D. F. 1922. Note on the oesopharyngeal teeth of the stromateidae. Ann. Mag. Nat. Hist., (9) ix, pp. 249-255.

GILCHRIST, J. D. F. & VON BONDE, C. 1924. Union of South Africa. Fisheries and marine biological survey report. No. 3. For the year 1922. Special reports. No. IV. The Stromateidei (butter fishes) collected by the S. S. "Pickle", 12 pp., pls. 17-19.

GÜNTHER, A. 1860. Cat. Fish. Brit. Mus., ii, xxii+548 pp. London.

HERRE, A. W. & HERALD, E. S. 1951 (1950). Noteworthy additions to the Philippine fish fauna with descriptions of a new genus and species. Philip. Journ. Sci., lxxix, no. 3, pp. 309-340.

IWAI, T. 1955. The pharyngeal pockets of the sardine, *Sardinops caerulea* (GIRARD). Calif. Fish & Game, xli, no. 1, pp. 113-116.

LEGENDRE, R. 1940. Renconte de *Cubiceps gracilis* LOWE à Concarneau. C. R. Soc. Biogéograph. Paris, xvii, no, 146. Not seen in the original.

LLOYD, R. E. 1909. A description of deep-sea fish caught by the R. I. M. S. ship "Investigator". Mem. Ind. Mus., ii (3), pp. 139-180, pls. 44-50.

LOWE, R. T. 1843. Notices of fishes newly observed or discovered in Madeira during the years 1840, 1841, and 1842. Proc. Zool. Soc., pt. xi (1843), pp. 81-85.

MATSUBARA, K. 1955. Fish-morphology and hierarchy, pt. i+iv+xi+789 pp. Tokyo. In Japanese.

NAVAZ Y SANZ, J. M. 1946. Sobre algunos peces poco frecuentes o desconocidos enlas costas Galicia. Notas Inst. esp. Oceanogr. Madrid, ser. 2, cxxxiii, pp. 1-7, 4 pls. Not seen in the original.

NICHOLS, J. T. & MURPHY, R. C. 1944. A collection of fishes from the Panama Bight, Pacific Ocean. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., lxxxiii, art. 4, pp. 221-260, pls. 15-18.

NORMAN, J. R. 1930. Oceanic fishes and flatfishes collected in 1925-1927. Discovery Rep., ii, pp. 261-370, pl. 2.

OSORIO, B. 1909. Mem. Mus. Bocage, i. Not seen in the original.

SPARTÀ, A. 1946. Contribute alla conoscenza dello sviluppo postembrionale in *Cubiceps gracilis* LOWE. Boll. Pesca Piscicolt. Idrobiol. Roma, xxii, pp. 17-21, 1 pl.

Fig. 1. *Cubiceps gracilis* (Cat. No. ABE, 10155). Total length 960 mm.

Fig. 2. *Cubiceps gracil's* (Cat. No. ABE, 10169). Dorsal view of the pair of the lateral sacs of the posterior part of the pharynx. Gills have been partly removed.

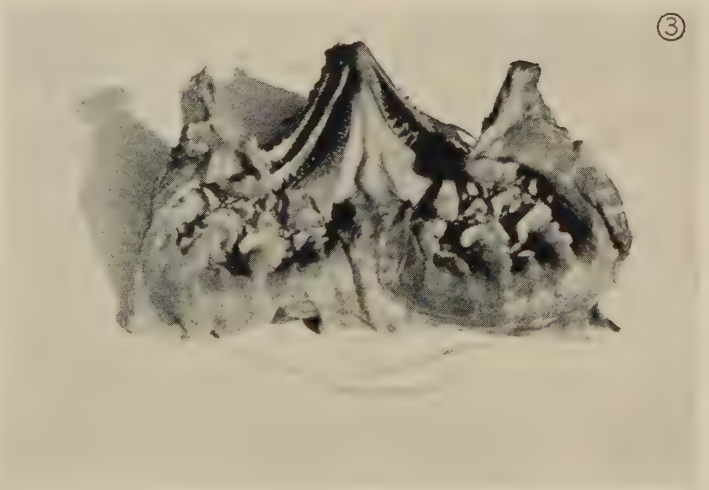


Fig. 3. *Cubiceps gracilis* (Cat. No. ABE, 10169). Dorsal view of the inside of the lateral sacs of the posterior part of the pharynx.

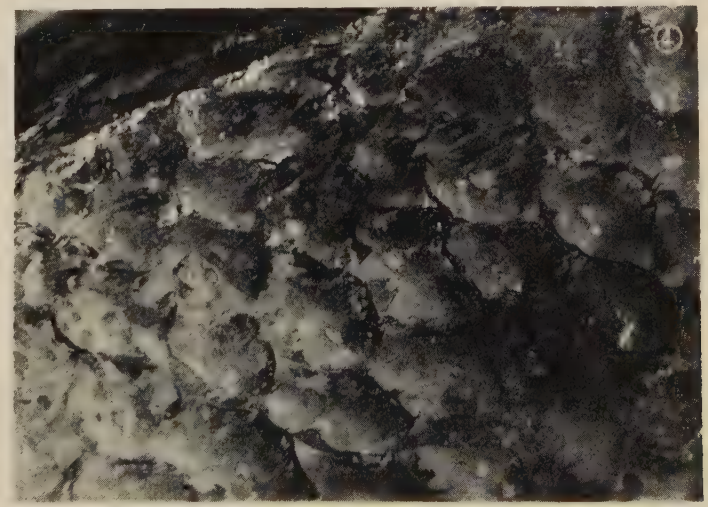


Fig. 4. *Cubiceps gracilis* (Cat. No. ABE, 10155). Dermal pores below the second dorsal fin.

Notes on Animals Attached to the Shells of the Silver-Lip Pearl Oyster, *Pinctada maxima* (JAMESON), Collected from the "East" Fishing Ground of the Arafura Sea

Yoshio TAKEMURA and Takashi OKUTANI
(Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

日本水産学会誌
第二十一巻 第二号 別刷
昭和三十年六月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 2, June 1955

Notes on Animals Attached to the Shells of the Silver-Lip Pearl Oyster, *Pinctada maxima* (JAMESON), Collected from the "East" Fishing Ground of the Arafura Sea

Yoshio TAKEMURA and Takashi OKUTANI
(Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

I. Introduction

It is well known that an area extending from the northern coast of Australia to Thursday Island and the Arua Islands is an important fishing ground for the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (JAMESON).

After a long suspension of the pearl oyster collection in the Arafura Sea by Japanese divers since 1941 on account of World War II, 25 collecting boats (50 gross tons) from Japan were permitted, for the first time after the war, to operate in those waters in 1953. The waters opened to Japanese divers were limited to a certain area as described later with the amount of catch not to exceed over 957 metric tons as agreed upon between the Australian and Japanese Governments. During the 1953 and 1954 fishing seasons various kinds of investigations were conducted in regard to biological research of the silver-lip pearl oyster and its fishing ground for the purpose of conservation of the resource.

The main fishing ground for these two successive expeditions consisted of the so-called "East" and "West" fishing ground, the bottom character of which are different from each other. Before drawing a conclusion as to the merit of these fishing grounds, however, a question about what ecological relationships there are between the pearl oyster and its environment has to be solved, the subject which would warrant necessity of investigating the fauna in the area in addition to biological studies of the shell itself and oceanographical observations of the fishing grounds.

Prepared from this point of view, the present report deals with general observation of the animals attached to the shells of the pearl oyster collected from the "East" fishing ground with special references to the benthonic fauna of that area. A greater part of the materials used for the study was made available to the senior author (Y. T.) who participated in research activities on board a fisheries inspection vessel of the Fisheries Agency during the 1954 season from June 8 to July 31, and the rest was afforded by the courtsey of Messrs. Kawana and Yamane from their collections in the 1953 season.

1955 年 5 月 23 日受理 (印刷費負担)
Contribution B No. 204, from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

Before proceeding further we wish to express our hearty thanks to Professors Uchinomi and Tokioka, Seto Marine Biological Laboratory, and Professor Takahashi, Tokyo College of Economic Science, for identification of the specimens. And we are also indebted to Mr. Kawana, chief of the Aquiculture Division of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, for his constant guidances, and to the crews of the inspection vessel and collecting boats for their cooperation in collecting materials on the field. In addition, we owed thanks to Mr. Ishida of the Laboratory for his help in preparing the manuscript in English.

II. The "East" Fishing Ground

Discovered by a Japanese collecting boat in October 1936, the "East" fishing ground expands over Northern Territory, subarea Nos. 18, 19, 20, 21 and 22 (fig 1).

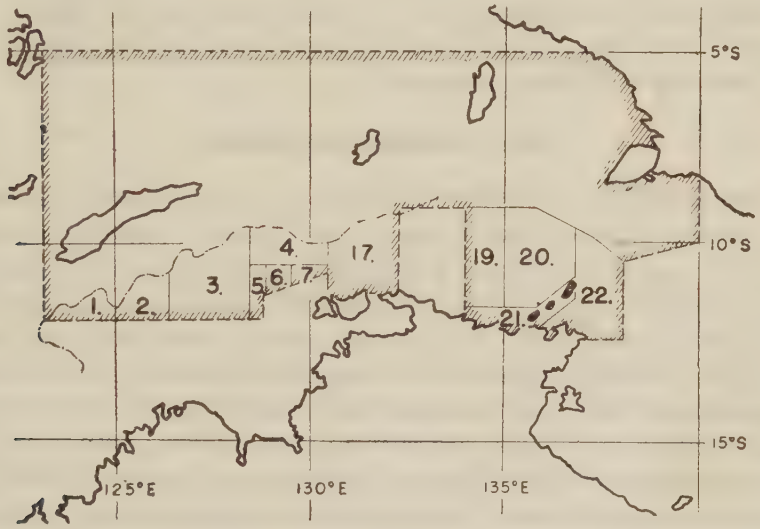


Fig. 1. Fishing ground of silver-lip pearl oyster in the Arafura Sea. Numerals show the numbers of Australian subarea. The area enclosed by dotted line was permitted for Japanese collecting boats in the 1954 fishing season.

However, the area permitted for the postwar expeditions from Japan by the temporary agreement with the Australian Government did not cover all of them and was very limited in scope. General localities of the waters operated in 1954 may be divided into three sections in the main: A comparatively wide area bounded by latitudes 11°30′ to 40′S, longitudes 134°10′ to 40′E, locating near to Boucaut Bay (Nos. 19—21); offing area centering around 11°10′S, 134°30′E (No. 19); and area to southeast of the Wessel Islands (No. 22). Coastal waters within 10 miles offshore were excluded from these area and not permitted to operate. The offing area (19) is a very narrow bed called "*Fuji-gata*" Bank, and does not seem to maintain a resource of the pearl oyster sufficient for the commercial operation. And this place much differs from the coastal ground in bottom character and fauna. The subarea

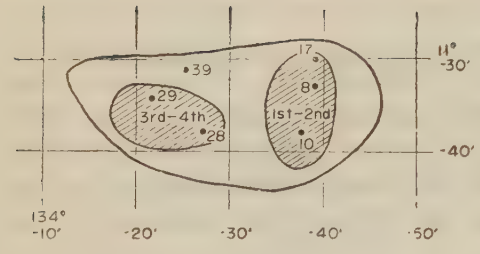


Fig. 2. Important areas of the "East" fishing ground during lst-4 th Tides * and stations where the quantitative observations of attaching animals were carried out.

* See foot note

No. 22 locating southeast of the Wessel Islands resembles the "West" fishing ground in those points. The "East" fishing ground, which, in a strict sense used in this report, refers to the coastal area described first, is more expansive than the other two, with the depths ranging 25 to 40 meters and flat bottom characterized by sandy mud mixing with gravels and shells. Nearly one half of the amount of shells collected in 1954 yielded from this fishing ground. Particularly the operation in the 1954 fishing season was concentrated around an area of latitudes 11°30′—40′S, and longitudes 134°35′—40′E, during the interval of the first and second Tides* from June 8 to July 2 ; then 11°33′- 40′S, 134°18′—30′E, between the third to fourth Tides, 8 to 31 of July (fig. 2). A boat-day collection averaged about 600 kilograms.

III. Material and Method

As a dominant form of benthonic animals and those attaching to shells would vary from place to place in the same general area, Japanese divers made it their practice to remember a paticular fishing ground by means of the name adopted from their impression of that dominant animal. Arbitrarily chosen the name may be, it served for the pearl divers to distinguish one place from others in their evaluation of the fishing ground. Taking such a practice into consideration, the effort has been made to examine comparatively large-sized organisms that would possively serve as indicators of the fishing grounds. It is hoped that identification of these animals by commonly accepted scientific names would facilitate further studies of workers interested in the pearl oyster collection. Although the materials were collected from the surface of the pearl oyster immediately after they were brought on board and taken out of a net-basket, detailed recording was not allowed because the observation and sampling of materials were performed on the undulating sea. When the pearl oysters were brought up on the deck of collecting boats, attached animals were stripped off the surface of the shells with a hatchet, the way used for cleaning the shell for market. After measuring samples of the shells in height, length and weight, specimens of attached aminals were counted, and preserved in a fixing fluid for examination. The number of the attached animals was counted in accordance not with every host shell but with a certain amount of the shells piled up on the deck. Such being the case, minute and fragile organisms like Bryozoa, small-sized bivalves, and acorn barnacles were

* It becomes difficult to continue the diving work when the tidal current runs faster. Especially in the "East" fishing ground the range of visibility was much decreased on sush an occasion due to the muddy bottom character, so that the operation had to be suspended for a period. That period of intervals are called the lst, 2nd……"Tides" (*Shio*) in the occurring order.

very often obliged to be omitted from the record. Different species which could not be classified exactly on the field were included in the same group.

VI. Results and Discussion

Depths and bottom characters of the stations are shown in Table 1. The bottom

Table 1. Bearings, Depth and Bottom Character by Station.

St. No.	Bearings	Date	Depth (m)	Bottom characters by mesh of sieves (Weight %)*					
				1	2	3	4	5	6
8	11°33′ S 134°39′ E	VI—14	28	—	—	—	—	—	—
10	11°36′ S 134°37′ E	VI—16	28	6.5	16.1	40.5	30.5	5.4	1.0
13	11°35.2′ S 134°32′ E	VI—23	30	4.1	17.0	34.9	30.7	10.6	2.7
17	11°30′ S 134°39′ E	VI—27	34	4.2	13.9	30.7	42.1	7.0	2.1
28	11°38′ S 134°23′ E	VII—13	31	0.7	13.0	22.3	46.0	15.0	3.0
29	11°34.5′ S 134°21.5′ E	VII—14	32	7.2	15.1	37.8	32.5	5.8	1.6
39	11°31.3′ S 134°25′ E	VII—29	34	9.1	10.1	28.3	41.4	9.5	1.6

* Collected by a Marukawa's bottom sampler, 1—6 shows the size class of sample sifted with the sieves of certain meshes *i.e.* 1 : larger than 3.00 mm, 2 : 3.00—1.00 mm, 3 : 1.00—0.50 mm, 4 : 0.50—0.20 mm, 5 : 0.20—0.05 mm, 6 : smaller than 0.05 mm

character of the fishing ground is, as mentioned above, sandy mud mixing with gravels and shells of mollusks and other animals and much different in fauna both from the coral "West" and from the area of "*Fuji-gata*" Bank. The muddy bottom and scarcity of suitable holds, except the shell for attaching animals**, should explain the reason why the pearl oyster collected from the "East" fishing ground bears more organisms than that of the 'West" (subarea Nos. 4—7). This was particularly in case with young silver-lip pearl shells and other relative species. Though there were considerably large-sized animals attached on the shell, organisms that had damaged the surface of the shell were not many. Consequently the shells of the "East" were less fouled than those of the "West". The reason is assumed that the animals which would damage the surface of the shell scarcely live in such a muddy bottom as they are likely supplied from coral reef. The measurement of the host pearl oysters is shown in Table 2. There were seen very few organisms attached on the surface of young shell in the minimum size (16.5 cm. in height) or those (11.0—17.0 cm.) taken

** The animals attaching to the pearl oyster mentioned in this report include two types of group. One group attach with the valves or base so tightly on the shell that once attached they can no longer move by themselves. They are some bivalves belonging to genera *Ostrea*, *Spondylus*, *Chama* and cirripeds etc. Another group is some species of bivalves like *Arca*, *Chlamys* etc. that attach with byssus. Other organisms which are not considered as attaching animals are sea-cucumbers and brittle-stars attaching with tube-feet and some animals that make their habitat between or inside of the sponges, sea-squirts and other settled organisms.

Table 2. Number of Animals Attached on Pearl Shell by Station.

Class (Order)	Species	St. No.	8	10	13	17	28	29	39	Remarks
		Nr. ind.	30	36	100	20	43	20	118	
		a. s. h.	20.8	21.5	20.1	22.1	20.5	20.8	20.8	
Tunicata (Ascidiacea)	*Microcosmus helleri*		50(13)	27(15)	59(35)	7	30	12	98	*Polycarpa longiformis* 1 ind. from St. 28
Crustacea (Cirripedia)	*Balanus amaryllis*		4(4)	2(1)	2(1)	3	5			*Balanus cepa* frequently observed
Pelecypoda	*Arca subnavicularis*		39(11)	2	64(42)	4	36	14	35	*Barbatia* spp. including *B. lima* & *B. lacerata*. Other species are, *Chamostrea albida* mingled with *Chama*? ; *Spondylus wrightianus* 1 & *Stavelia subdistorta* 1 from St. 8 ; *Isognomon isognomum* 1 from St. 17 ; *Anomia* sp. 2 from St. 28 ; *Pteria* sp. 1 from St. 29 ; *Plicatula horrida* 3 from St. 39.
	Barbatia spp.		3(1)	(1)	(4)	2	6		5	
	Chlamys gloriosa		1	3(1)	4(4)		5	3	6	
	Chama reflexa		6				11	1	2	
	Pinctada sugillata		2(1)	3(1)	(2)		3	10	1	
	Pycnodonta hyotis		2(2)			1	1			
	Cardita crassicosta		1				1		1	
	Malleus malleus					1	5			
	Pteria penguin					1	2			
Polychaeta	*Pomatostegus stellatus*		11				8	2	15	2 tubes of *Serpula vermicularis* from St. 8, *Sabellastarte indica* 3 from St. 10.
	Thelepus setosus		4(3)			7	15	6	12	
	unidentified		2							
Anthozoa (Actiniaria)	unidentified		3(2)			2	2		3	
*Incalcarea	*Dysidea fragilis*		4			1	2	2	5	The commonest species is *Dysidea fragilis* forming voluminous mass over the shell and much varying in shape.
	Adocia pumila		3(5)						3	
	Hyattella intestinalis								2	
	Stellata sp.						1			
	Tethya diploderma					3				
Shell bearing no organisms			(2)	(14)	(26)	unknown				

St. No. ; Station number. Nr. ind. ; Number of silver-lip pearl oyster to be examined. a. s. h. ; Average shell height. Numerals without parentheses indicate the number of individuals (*expressed the number of mass or colony), numerals within parentheses show the number of the pearl oyster from which the said animals were obtained.

for the purpose of tagging, as they are likely growing too fast for attaching animals to settle on them. It is natural that the older the shells, the slower they grow, and the more the organisms settled on their surface.

Almost all the species were of the Indo-Pacific. Collected specimens included nearly whole phyla of the invertebrates, such as Protochordata (Tunicata), Echinodermata, Arthropoda (Crustacea), Mollusca (Pelecypoda), Molluscoidea (Bryozoa), Annelida, Coelenterata (Anthozoa) and Porifera. Some of them are distributed even in Japanese waters. The results obtained from the stations 8, 10, 13, 17, 28, 29, and 39 where the quantitative investigations were carried out are also shown in Table 2.

Description of the attached organisms by groups are as follows :

Tunicates or sea-squirts :

Microcosmus helleri HERDMAN was the most dominant species. The area where this species inhabits in large numbers is called "place of cat's faeces" ("*nekokuso basho*") by divers. Another species of tunicates, *Polycarpa longiformis* TOKIOKA (called "*myōga*"), was found much fewer than the former in the investigated area. These members were frequently observed on the ventral margin of pearl oysters along with sponges and tube-worms or polychaetes. From the fact it is clear that pearl oysters are burying themselves in the mud for the most part of the body.

Cirripedia (Crustacea) or acorn barnacles :

Among a few species of cirripeds found from the "East" fishing ground, *Balanus amaryllis* DARWIN and *B. cepa* DARWIN were common ones. In the fishing grounds, southeast of the Wessel Islands and "*Fuji-gata*" Bank, *Balanus* were abundant and called "*tsubo-gaki*".

Bivalves :

Although great numbers of bivalves were collected from the surface of silver-lip pearl oyster, species did not vary in many genera. The chief species attached with their valves on the surface were ;

Pycnodonta hyotis (LINNÉ),
Pycnodonta hyotis imbricata (LAMARCK),
Ostrea folium LINNÉ,
Ostrea inquirites IREDALE,
Plicatula horrida DUNKER.
Chama lazarus LINNÉ,
Chama reflexa REEVE,
Chamostrea albida LAMARCK.

Pycnodonta hyotis was relatively popular among them, particulary in the fishing ground off the Wessel Islands. According to the divers, many old individuals of *Chama lazarus* lay on the sea bottom besides those found attached to the shells. It was to such mature *Chama lazarus* that young silver-lip pearl oyster settled. Two species of genus *Chama* were also collected from the "West", and another unknown species of *Chama* from the "East". *Chama semipurpurata* LISCHKE and *Chama ambigua* LISCHKE were collected from the "West", though none of them from the "East".

Chamostrea albida was considerably common species in the "East" fishing ground. The species which attached with byssus were ;

Arca subnavicularis (IREDALE),
Barbatia lima (REEVE),
Barbatia lacerata (BRUGUIÈRE),
Isognomon perna (LINNÉ),
Malleus malleus (LINNÉ),
Pteria penguin (RÖDING),
Pteria bernhardi (REEVE),
Pinctada sugillata (REEVE),
Pinctada sp.,
Chlamys gloriosa (REEVE),
Chlamys luculentus (REEVE),
Chlamys strangei (REEVE),
Cardita crassicosta LAMARCK.

Among bivalves the most abundant species was *Arca subnavicularis*, followed by *Chlamys gloriosa*, which was collected in large numbers as well. The waters where many *Arca* inhabit are said to be very good fishing grounds for silver-lip so that the divers regard them an indicator of the fishing ground. *Chlamys luculentus* and *C. strangei* were less frequently appearing than *C. gloriosa*. *Barbatia lacerata* was found in a smaller number than *B. lima* distributing in Japanese waters. *Isognomon isognomum* (LINNÉ) and *I. ephippium* (LINNÉ) occurred but very rarely in the "East" and "West" fishing grounds just as *Pteria* did. *Malleus* was one of the commonest bivalves. The young *Malleus* was so variable in shape that it was difficult to identify it exactly. Of many small-sized *Pinctada* attached to the surface of *Pinctada maxima*, *P. sugillata* was dominant, other species being smaller in number. They were often forming a mass on the shell of silver-lip by attaching to each other, a case which has never been observed in the "West". The fact may be interpreted that the shells cannot find anything else suitable for inhabiting due to the bottom character described before. As these observations are important keys to estimate the resource of the pearl shell, further investigations from ecological standpoint are needed.

Polychaetes :

The representative species of polychaetous annelids living in tubes attached to the pearl oyster were *Pomatostegus stellatus* ABILGARD and *Thelepus setosus* (QUATREFAGES). In addition to them, *Sebellastarte indica* (SAVIGNY) and *Serpula vermicularis* LINNÉ were also noticed. *Thelepus setosus* attached on arbitrary positions but very often on the unexposed side of the shells, the way different from that of the tunicates, sponges and bivalves.

Anthozoa :

While Axifera and Pseudoaxonia were abundantly observed on the shell in the "West" and Wessel Island fishing grounds, only one species belonging to Actiniaria or sea-anemone was collected from the "East". *Dendrophyllia coccinea* (EHRENBERG)

was collected from the "East" and *Favia* from the Wessel Island area.

Porifera or sponges :

Speaking of sponges collected from the surface of the silver-lip pearl oyster, there were many species in both "East" and "West" fishing grounds, though the species are much different from each other. In the "East" *Dysidae fragilis* (MONTAGU) belonging to Keratosa was remarkably dominant. And a prominently big-sized cup sponge, *Carterispongia foliascens* (PALLAS) was rather common species. Other species collected from the surface of the shells were ;

Hyattella intestinalis (LAMARCK),
Adocia pumila (LENDENFELD),
Echinodictim asperum RIDLEY et DENDY,
Tethya diploderma SCHMIDT,
Stelleta sp.

About boring organisms, a report will be prepared in the near future.

With some exception of young individuals, almost all the valves of *Pinctada maxima* were invaded by boring annelid, *Polydora pacifica* TAKAHASHI which trespassed from the marginal part of the shell and damaged its pearl layer. However, injured shells did not appear in the "West" fishing ground, despite the surface of the shells were much damaged. Bivalves of genus *Lithophaga* bore holes into the shell. The older the shell, the more they are damaged by *Lithophaga*. In the "East" fishing ground *Lithophaga* (*Labis*) sp. was the only boring bivalve. collected from the "West" were *Lithophaga malaccana* (REEVE), *L. teres* (PHILIPPI) and *Rocellaria grandis* DUNKER, of which the first one was most abundant there.

On the surface of silver-lip pearl oysters various kinds of animals inhabit temporarily with several species of holothurians and brittle-stars (Ophiuroidea) as the main inhabitants. The holothurians or sea-cucumbers, which would not detach off the shell even after the host being taken out from the sea, were very remarkable in number. As they often serve for divers as an indicator of the fishing ground, areas where the holothurians were abundant were called "place of *Cucumaria*" ("*Kinko-basho*") or "place of biscuits" ("*Bisuke-basho*") (Table 3).

Table 3. Frequency of Holothurians by Station.

Species \ Station No.	8	10	17	28	29	39	Total
Cucumaria versicolor	—	—	—	—	1	—	1
Pentacta tuberculosa	—	—	1	8	—	—	9
P. coerules	—	—	2	5	1	2	10
P. australis	58	8	3	16	5	24	61
P. crassa var. *dyscrita*	2	—	—	4	—	—	6
Neothyone sacellus	1	2	—	—	—	—	3
Phylliphorus cebuensis	10	2	3	28	—	16	59
Ph. cornus	5	2	—	12	—	7	26
Others	—	—	—	6	7	11	24
Total	23	14	9	79	14	60	119

Benthonic mollusks were collected together with pearl oyster in the course of the operation though they were not attaching on the shell. Their remarkable features in shape, size or color seem to have attracted divers' attentions. As identification of these specimens has not been completed yet, only the most notable species are listed below.

Gastropoda :

Euchelus asper GMELIN,
Onustus helvacea PHILIPPI,
Siliquaria ponderosa MÖRCH,
Nassarius clathratus (LAMARCK),
Murex tribulus LINNÉ,
Murex cervicornis LAMARCK,
Murex monodon SOWERBY,
Ergalatax contractus (REEVE),
Purpura echinata BLAINVILLE,
Rapana rapiformis (BORN),
Syrinx proboscidiferus (LAMARCK),
Trigonostoma bicolor (HINDS),
Amoria turneri (GRIFFITH et PIDGEON),
Melo amphorum (SOLANDER),
Melo ducole (LAMARCK).

Pelecypoda :

Veletuceta impasta IREDALE,
Trisidos semitorta LAMARCK,
Stavelia subdistorta (RÉCLUZ),
Cardita squamigera DESHAYES,
Septifer bilocularis LINNÉ,
Lima lima LINNÉ,
Antigona lamellaris (SCHUMACHER),
Circe scripta (SOWERBY).

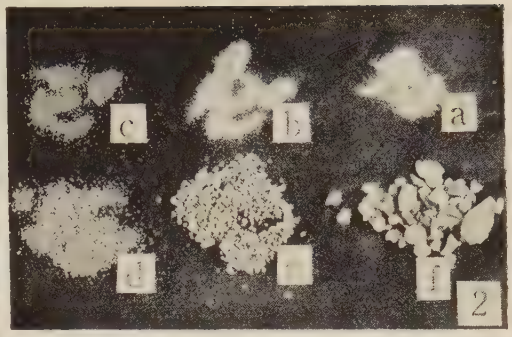
Several species of gastropods, known as predators of bivalves including silver-lip were benthonically collected form the "East" fishing ground. Carnivorous gastropods belonging to Muricidae, large-sized *Syrinx* and *Melo* were the representatives of the enemies. Other enemies of pearl shells were star-fishes such as *Oreaster australis* LÜTKEN and decapodous crustaceans. But no ecological investigations have been carried out about them in detail. Parasitic shrimp, *Conchodytes* sp. was found in the mantle cavities of the silver-lip pearl oysters collected from the "East" fishing ground.

References

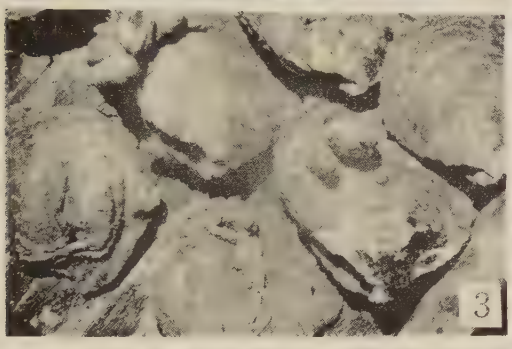
Allan, J. 1950 Australian Shells.
Dakin, W. J. 1953 Australian Seashores.
Hatai, K. 1941 The Recent Mollusca of the South Sea Island, Part 1.

PLATE I.

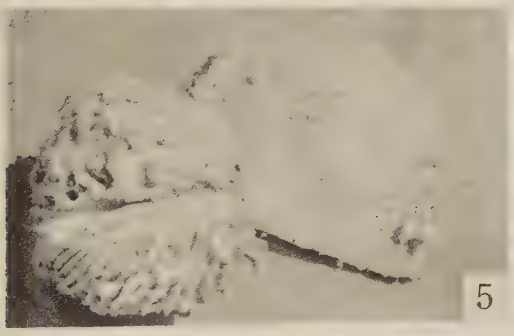
1

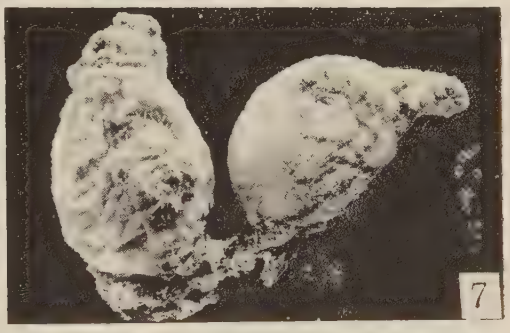


2


3

4


5


7

6

8

9

PLATE I.

Fig. 1 ; Stripping the foulings off with a hatchet.

Fig. 2 ; The bottom characters sifted with sieves
No. 6 (a ; smaller than 0.05 mm),
No. 5 (b ; 0.20—0.05 mm),
No. 4 (c ; 0.50—0.20 mm),
No. 3 (d ; 1.00—0.50 mm),
No. 2 (e ; 3.00—1.00 mm) and
No. 1 (f ; larger than 3.00 mm).

Fig. 3 ; Silver-lip pearl oysters immediately after being taken from the sea bottom. A kind of sea-squirt, *Microcosmus helleri* HERDMAN, an arc shell, *Arca subnavicularis* (IREDALE) and tubes of annelids, *Thelepus setosus* (QUATREFAGES) and *Pomatostegus stellatus* ABILDGARD are observed on the surface of the shells.

Fig. 4 ; A sample of silver-lip pearl oyster bearing voluminous attaching organisms, including several individuals of *Arca subnaricuiaris* (IREDALE), a mass of a sponge *Dysidea fragilis* (MONTAGU), a kind of brittle-star, Bryozoa etc.

Fig. 5 ; A young *Pinctada maxima* (JAMESON) attaching to *Chama lazarus* (LINNÉ).

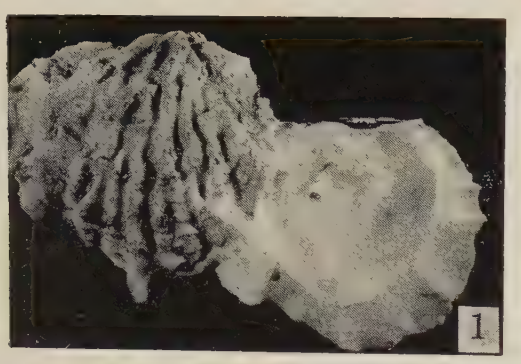
Fig. 6 ; Masses of *Pinctada. Pinctada maxima* (JAMESON), *Pinctada sugillata* (REEVE) and *Pinctada* sp. are observed.

Fig. 7 ; *Microcosmus helleri* HERDMAN.

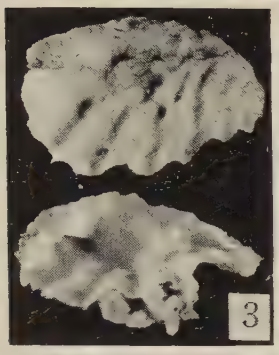
Fig. 8 ; *Thelepus setosus* (QUATREFAGES),
right : tube, left : animal.

Fig. 9 ; *Pomatostegus stellatus* ABILDGARD,
right : animal, left : tube.

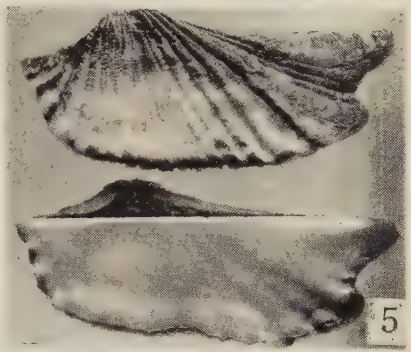
PLATE II.


1

2


3

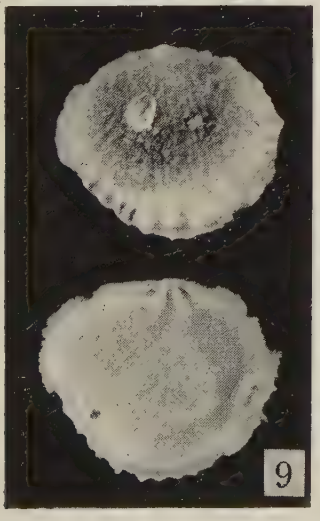
4


5

6

7

8


9

10

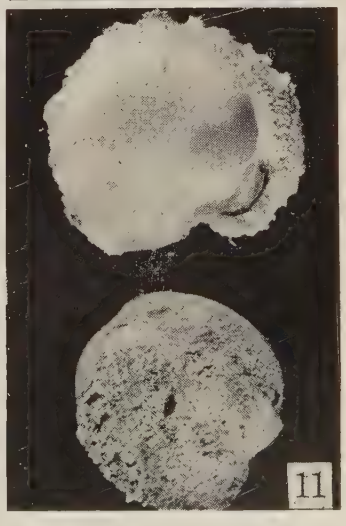
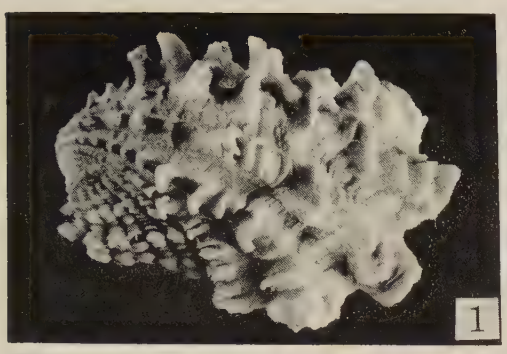

11

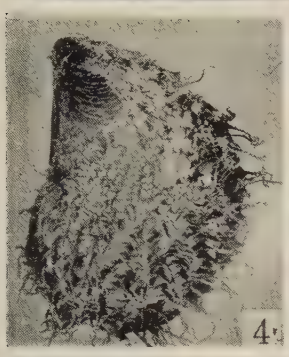
PLATE II.

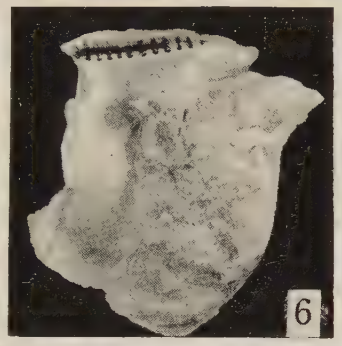
Fig. 1 ; *Pycnodonta hyotis* (LINNÉ)
Fig. 2 ; *Barbatia lacerata* (BRUGUIÈRE)
Fig. 3 ; *Ostrea folium* LINNÉ
Fig. 4 ; *Barbatia lima* (REEVE)
Fig. 5 ; *Arca subnavicularis* (IREDALE)
Fig. 6 ; *Chlamys strangei* (REEVE)
Fig. 7 ; *Chlamys luculentus* (REEVE)
Fig. 8 ; *Chlamys gloriosa* (REVEE)
Fig. 9 ; *Plicatura horrida* DUNKER
Fig. 10 ; *Chamostrea altida* LAMARCK
Fig. 11 ; *Chama reflexa* REEVE

PLATE III.


1

2


4

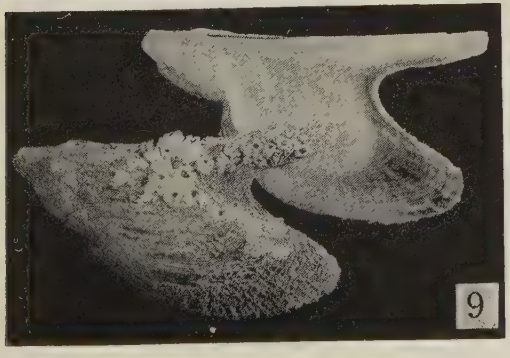

6

3

5

7

8


9

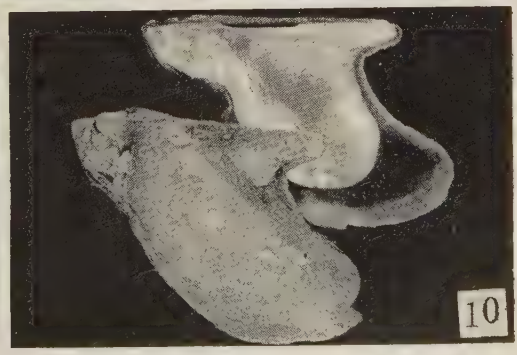
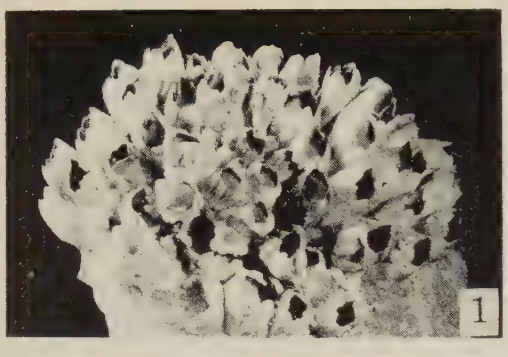
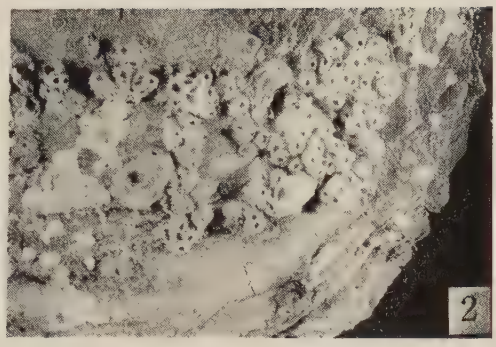

10

PLATE III.

Fig. 1 ; *Cardita crassicosta* LAMARCK
Fig. 2 ; *Malleus malleus* (LINNÉ)
Fig. 3 ; Immature individual of *Malleus malleus* (LINNÉ)
Fig. 4 ; *Stavelia subdistorta* (RÉCLUZ)
Fig. 5 ; *Stavelia subdistorta* (RÉCLUZ) ventral view.
Fig. 6 ; *Isognomon perna* (LINNÉ)
Fig. 7 ; *Spondylus wrightianus* CROSSE
Fig. 8 ; *Pinctada sugillata* (REEVE)
Fig. 9 ; *Pteria bernhardi* (REEVE)
Fig. 10 ; *Pteria penguin* (RÖDING)

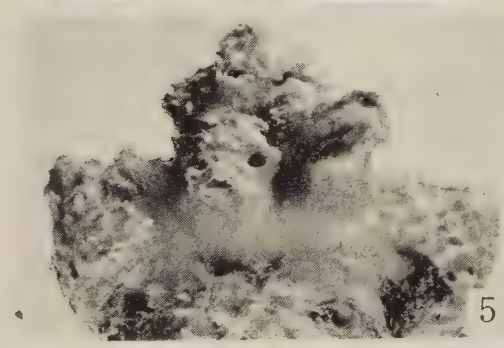
PLATE IV.

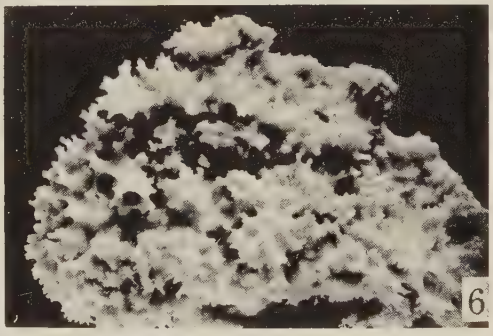

1

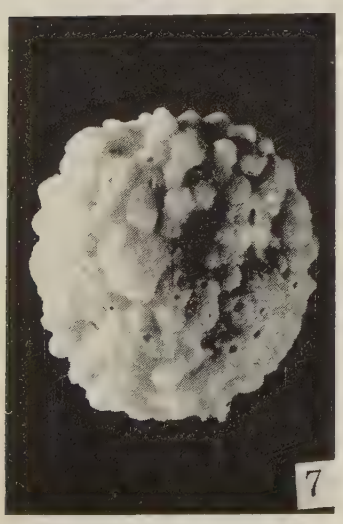

2

3

4


5


6


7

8

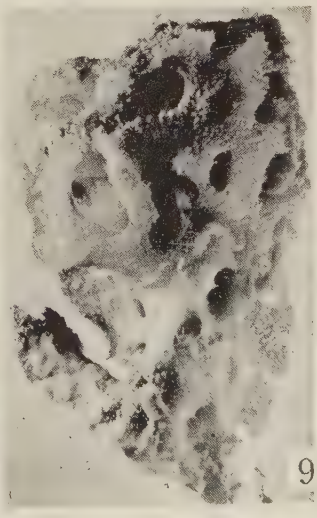

9

PLATE IV.

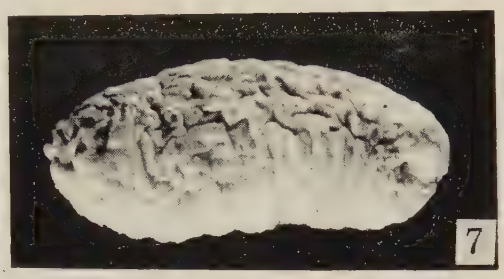
Fig. 1 ; *Balanus amaryllis* DARWIN
Fig. 2 ; *Balanus cepa* DARWIN
Fig. 3 ; *Dendrophyllia coccinea* (EHRENBERG)
Fig. 4 ; *Carterispongia foliascens* (PALLAS)
Fig. 5 ; *Dysidea fragilis* (MONTAGU)
Fig. 6 ; *Dysides fragilis* (MONTAGU)
Fig. 7 ; *Tethya diploderma* SCHMIDT
Fig. 8 ; *Adocia pumila* (LENDENFELD)
Fig. 9 ; *Hyattella intestinalis* (LAMARCK)

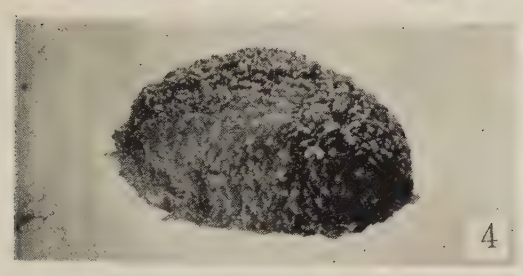
PLATE V.

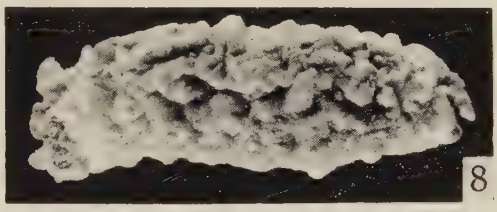
1

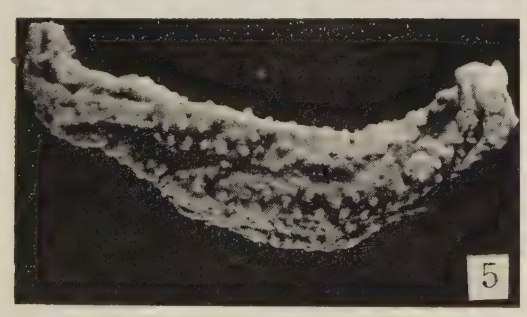
2

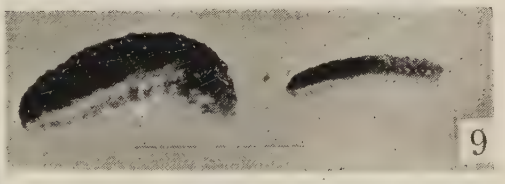
3

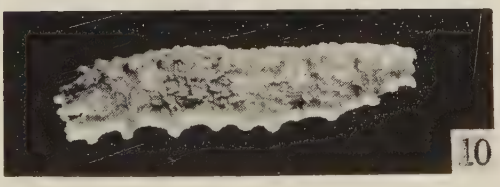

7

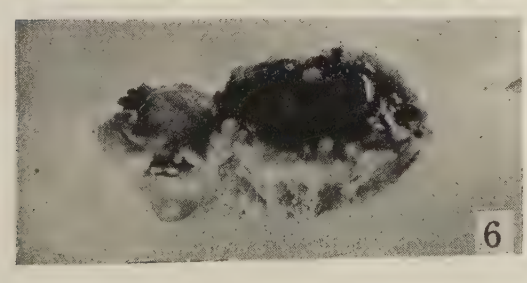

4


8


5


9


10


6

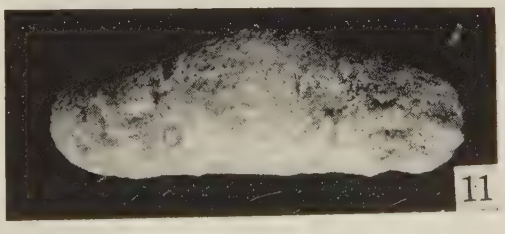

11

PLATE V.

Fig. 1 ; One of the commonest species of Ophiuroidea found on the surface of silver-lip pearl oysters ; unidentified.

Fig. 2 ; *Oreaster australis* LÜTKEN

Fig. 3 ; *Phyllophorus cebuensis* (SEMPER)

Fig. 4 ; *Phyllophorus cebuensis* (SEMPER)

Fig. 5 ; *Phyllophorus cornus* HEDING

Fig. 6 ; *Cucumaria versicolor* SEMPER

Fig. 7 ; *Pentacta tuberculosa* (QUOY et GAIMARD)

Fig. 8 ; *Pentacta crassa* var. *dyscrita* (HEDING)

Fig. 9 ; *Pentacta australis* (LUDWIG)

Fig. 10 ; *Pentacta coerules* (SEMPER)

Fig. 11 ; *Neothyone sacellus* (SELENKA)

PLATE VI.

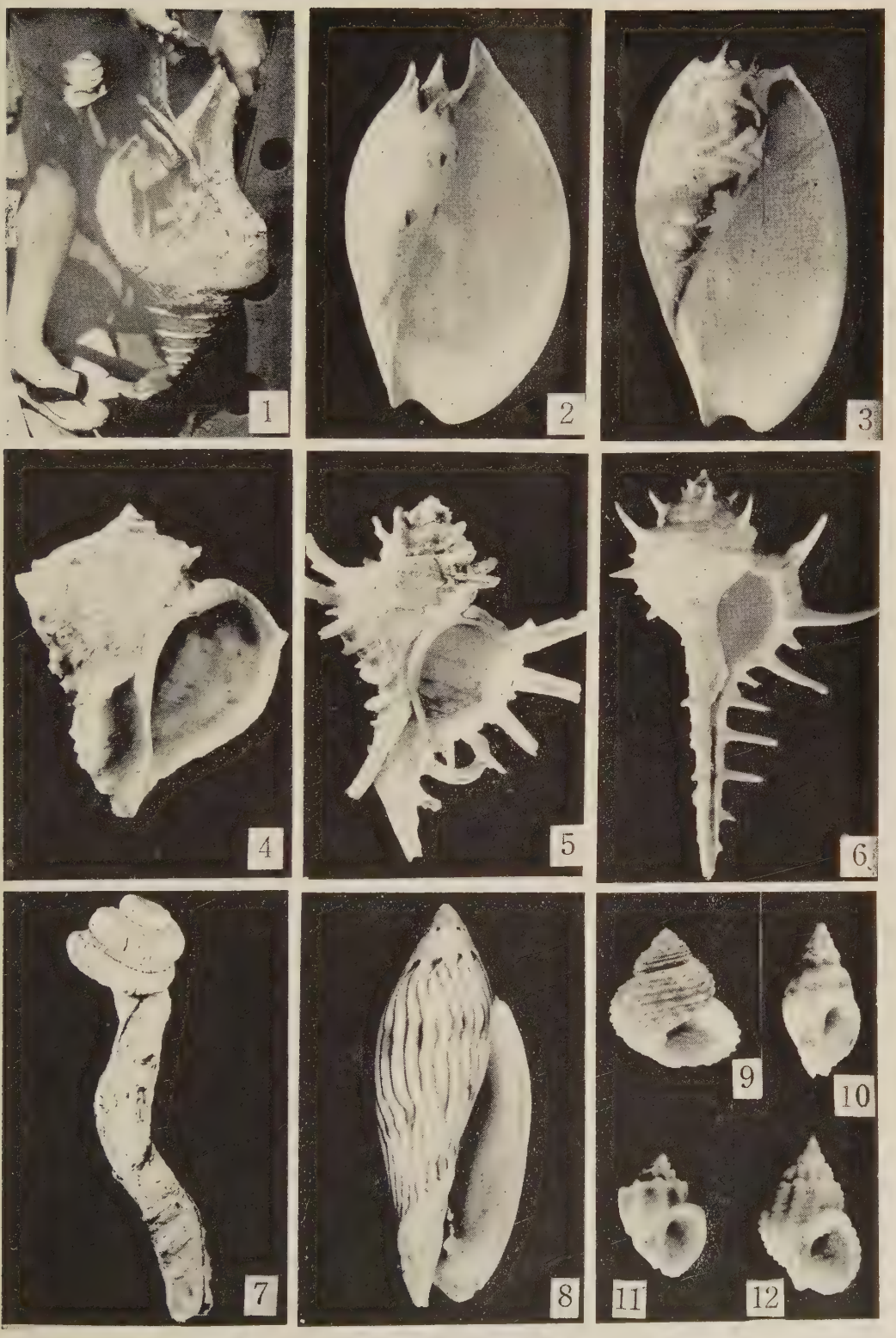


PLATE VI.

Fig. 1 ; *Syrinx proboscidiferus* (LAMARCK)
Fig. 2 ; *Melo ducole* (LAMARCK)
Fig. 3 ; *Melo amphora* (SOLANDER)
Fig. 4 ; *Rapana rapiformis* (BORN)
Fig. 5 ; *Murex monodon* SOWERBY
Fig. 6 ; *Murex tribulus* LLNNÉ
Fig. 7 ; *Siliquaria pondenosa* MÖRCH
Fig. 8 ; *Amoria turneri* (GRIFFITH et PIDGEON)
Fig. 9 ; *Euchelus asper* GMELIN
Fig. 10 ; *Ergalatax contractus* (REEVE)
Fig. 11 ; *Trigonostoma bicolor* (HINDS)
Fig. 12 ; *Nassarius clathratus* (LAMARCK)

Hiro, F. 1937 Notes on *Lithophaga* and *Rocellaria* boring into shells of *Pinctada maxima* (Jameson). *Venus*, 8 (2). (in Japanese)

Iredale, T. 1939 Mollusca, Part 1. Great Barrier Reef Exped., 1928—1929, Sci. Rep., Vol. 5, No. 6.

Kobayashi, T. 1940? *Kita-goshu oyobi Ranryo higashi-indo kinkai shirochogai seitai chosa hokoku* 1938—'39. *Nanyocho Suisan Shikenjo* (Report on ecological survey of silver-lip pearl oyster in the adjacent waters of north Australia and Dutch Indies 1938—'39. Fisheries Experimental Station of South Sea Agency; in Japanese)

Kuroda, T. and others. 1951 Illustrated Encyclopedia of the Fauna of Japan, rev. ed. iv.

Shiraishi, Y. and T. Kobayashi 1938 *Shirochogai gyojo chosa hokoku. Nanyo shinjugai saishu kyokai.* (Report on survey of fishing ground for silver-lip pearl oyster. South Sea Pearling Association; mimeographed in Japanese)

Takahashi, K. 1937 Notes on the polycheatous annelid, *Polydora pacifica n. sp.*, which bores holes in *Pinctada margaritifera* (Linné). Palau Trop. Biol. Sta. Studies, N). 2.

Taki, I. 1954 An Illustrated Handbook of Shells in Natural Colors.

Wada, S. 1938 *Shirochogai seitai chosa hokoku. Nanyō shinjugai saishu kyōkai.* (Report on ecological survey of silver-lip pearl oyster. South Sea Pearling Association; mimeographed in Japanese)

—— 1943 *Sangosho no kairui* (Shells of Coral Reef). *Kaiyō-no-kagaku*, 3 (10). (in Japanese)

—— 1953 Biology and fisheries of the silver-lip pearl oyster. (mimeographed in Japanese)

Plankton Diatoms Collected off Bôsô District in August, 1951

Hideaki TAKANO
(Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory)

INTRODUCTION

According to the former expeditions by MARUMO (1950), and SHIMOMURA and KOIZUMI (1950), a considerable quantity of pelagic diatoms was found in coastal waters of Bôsô Peninsula in summer. In connection with the survey work of the research vessel "Sôyô-Maru," Fisheries Agency, covering the waters from near Kinkwazan Island to Hachijô Island during August 25-31, 1951, the writer obtained a series of microplankton samples from fifteen stations.

The main objective of the present work is to add to the evidence on the distribution of diatoms collected by the towing net of ordinary type with particular reference to: (1) quantitative and qualitative distribution at different stations; (2) comparison of distribution of prominent species at different stations with some considerations to the water temperature.

METHODS

The collecting was made by a plankton net (diameter at the mouth 22.5 cm.; 1 m. long; made of bolting cloth, 129 meshes a linear inch), hauled vertically at each station from the depth of 50 m. to the surface.

The material, preserved in formalin, was put in glass tubes and the sedimentary volume was read after 24 hours in cc. Then, following the KOKUBO's method (1933), the volume of microplankton which can pass through the silk of rough meshes (56 meshes a linear inch) was measured in the same manner. Species were identified by the microscope.

WATER TEMPERATURE

The surface water temperature exceeded 28°C. at 11 stations off Bôsô Peninsula (Fig. 1), two of them (Sts. 6 and 8) reaching above 29°C. It decreased abruptly toward Cape Nojimazaki (St. 9) and gradually toward Kinkwazan Island. The water temperature of 25 m. depth layer showed a similar tendency, exceeding 27° C. at 8 stations (Fig. 2), one of them being over 28° C. (St. 6). The lowest temperature in the surface was 22.9° C., and 15.4° C. in the 25 m. depths, both measured at. St. 9.

DISCUSSION

As diatoms occupied an important part of the quantity of samples, the distribu-

Received May 4, 1955.
Contribution B No. 207, from the Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

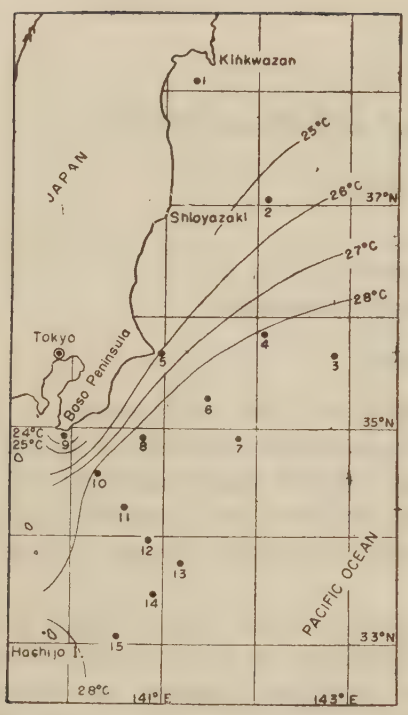


Fig. 1. Location and the distribution of surface water temperature.*

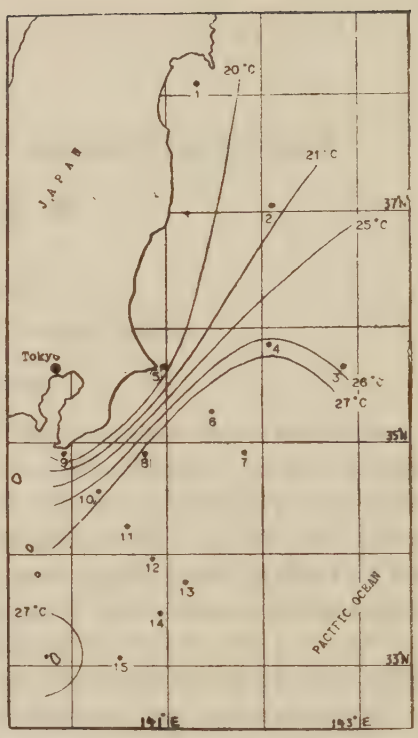


Fig. 2. Distribution of water temperature of 25 m. depth layer.*

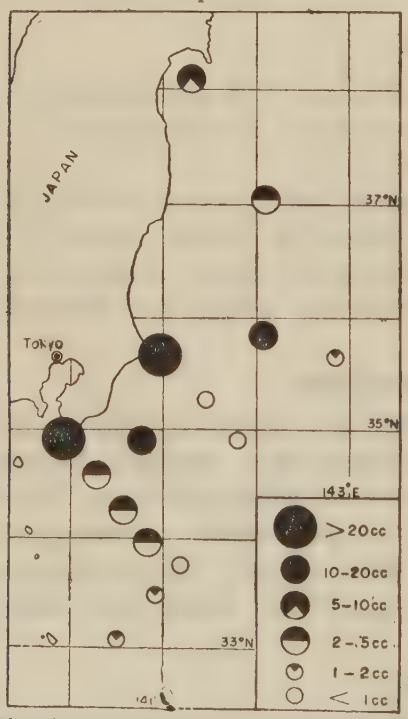


Fig. 3. Distribution of total plankton volume.

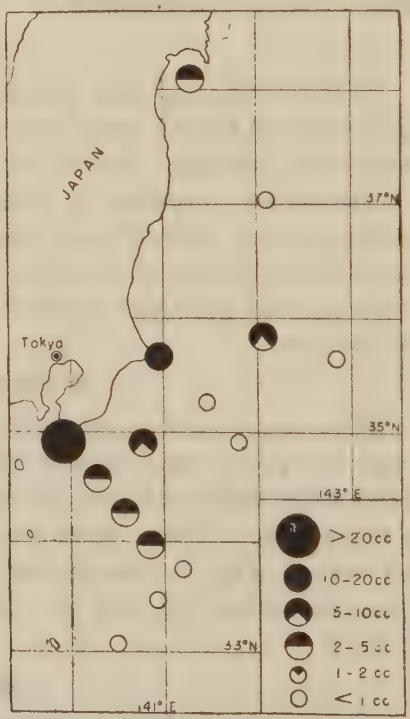


Fig. 4. Distribution of microplankton volume.

* Data were provided by the Oceanographical Section of the Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

tion of their abundance well corresponded to that of total plankton volume (Fig. 3), and of the microplankton volume (Fig. 4) which was mainly composed of common diatom plankters with the exception of some large-sized ones.

The productive area was confined to the coast of Bôsô Peninsula, while the northern two stations had less productivity, and most stations in highest temperature area were not rich in microplankton. Moreover, coastal stations were characterized by different prominency of diatoms (Table 1).

Table 1. Species prominently appeared.

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Stephanopyxis palmeriana (Grev.) Grun.	c	×		×	×			×	c	×	×				×
Skeletonema costatum (Grev.) Cleve	×		×	×	cc			×	×	×	×	×			
Coscinodiscus radiatus Ehr.	c	c	×	×	×	×	×	×	×		×			×	×
C. wailesii Gran et Angst	×	c		×	×			×	×						
Lauderia borealis Gran	×		×	×	×			×	c	×	×	×	×		
Rhizosolenia styliformis v. *latissima* Br.	c	cc	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			×
Chaetoceros decipiens Cleve	c	×	×	c	c			c	×	c	c	×	×		
Ch. lorenzianus Grunow	×	×	×	cc	c	×	×	cc	c	cc	cc	cc	×	×	×
Ch. compressus Lauder	×		×	c	c	×	×	c	×	c	c	c	×		×
Ch. didymus v. *anglica* (Grun.) Gran	cc	×	×	c	c	×		c	×	c	c	c			
Ch. affinis Lauder	cc	×	×	c	cc	×	×	c	×	cc	c	c		×	×
Ch. paradoxus Cleve	×	×		×	c			×	×	×	×	×			
Ch. distans Cleve	×			×	cc			c	×	c	c	c			
Ch. curvisetus Cleve	×			c	×				×	×	×	×			
Ch. pseudocurvisetus Mangin	×		×	cc	c	×	×	c	cc	c	c	c	×		×
Thalassionema nitzschioides Grun.	c	×		c	×		×	×	×	c	c	×			
Nitzschia seriata Cleve	×	×		×	×			×	c	×	×	×			×

cc : very abundant, C : abundant, × : present

The main constituents observed at each station were as follows:

1) Coastal stations

St. 1 ……Although this station was comparatively near the coast, diatoms did not show such abundance as other neritic stations had. *Chaetoceros didymus* var. *anglica* and *Ch. affinis* were dominating in number, and the followings were also notable: *Stephanopyxis palmeriana*, *Coscinodiscus radiatus*, *Rhizosolenia styliformis* var. *latissima*, *Thalassionema nitzschioides*.

St. 5 ……A large quantity of diatoms was present. *Skeletonema costatum*, *Ch. affinis* and *Ch. distans* were dominating, and some other hyalochaetes were main constituents.

St. 9 ……The largest volume of total plankton (50.5 cc.) and of microplankton (22.3 cc.) was met with at this station, caused by the remarkable prominence of *Ch. pseudocurvisetus*. The followings were subordinate: *Stephanopyxis palmeriana*, *Lauderia borealis*, *Ch. lorenzianus*, *Nitzschia seriata*.

2) Stations in subneritic water

St. 2 ……The volume was less than other subneritic stations because of the poverty of hyalochaetes. The large-sized diatoms, i.e., *Rhizosolenia styliformis* var. *latissima*, *Coscinodiscus wailesii*, *C. radiatus*, and *Hemidiscus hard-*

manianus, were notable.

Sts. 4, 8, 10, 11 and 12……At these stations, diatoms were middling in quantity and characterized by richness of some hyalochaetes. *Ch. lorenzianus* appeared markedly in number, and *Ch. decipiens*, *Ch. compressus*, *Ch. didymus* var. *anglica*, *Ch. affinis*, *Ch. distans*, *Ch. curvisetus*, *Ch. pseudocurvisetus*, and *Thalassionema nitzschioides* were dominating.

3) Stations in warm current

Sts. 3, 6, 7, 13, 14 and 15……Diatoms were extremely poor in quantity and also

Table 2. Species commonly appeared.

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dactyliosolen antarcticus Castr.	×	×		×	×					×	×	×			
D. mediterraneus H. Pér.	×	×	×		×	×	×	×	×	×		×	×	×	×
Leptocylindrus danicus Cleve				×	×			×		×	×				
Guinardia flaccida (Castr.) H. Pér.	×	×		×	×		×	×	×	×	×				×
Rhizosolenia cylindrus Cleve	×			×		×		×		×	×	×			
Rh. bergonii H. Pér.		×	×	×	×	×		×	×	×	×	×			
Rh. delicatula Cleve	×		×	×				×	×	×	×	×			
Rh. stolterfothii H. Pér.	×	×	×	×	×			×	×		×				
Rh. robusta Norman	×	×			×	×			×	×	×				×
Rh. setigera Brightw.		×		×	×			×	×	×		×			
Rh. hebetata f. *semispina* (Hensen) Gran	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Rh. calcar avis M. Schultze	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Rh. alata Brightw.	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×		×	×
alata f. *indica* (H. Pér.) Ostenfeld	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×				
Rh. acuminata (H. Pér.) Gran	×	×	×	×		×			×	×					
Rh. cochlea Brun	×				×			×	×		×	×			
Rh. imbricata v. *shrubsolei* (Cl.) Schr.	×	×	×	×	×				×	×	×	×			
Rh. castracanei H. Pér.		×	×			×	×	×	×	×	×	×		×	×
Bacteriastrum hyalinum Lauder	×		×	×	×			×	×	×	×	×			
B. varians Lauder	×			×	×	×		×	×	×	×	×			
B. comosum Pavillard	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×		×	
Chaetoceros coarctatus Lauder	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×		×	×
Ch. atlanticus v. *neapolitana* (Sch.) Hust.			×	×				×	×	×	×	×	×		
Ch. dadayi Pavillard			×					×		×	×	×	×		×
Ch. seychellarum Karsten	×	×	×	×	×		×	×	×	×				×	×
Ch. peruvianus Brightw.	×		×	×	×	×			×	×	×	×			
Ch. pendulus Karsten	×		×		×			×	×	×	×	×			
Ch. laevis Leud.-Fortm.	×	×		×	×					×		×			
Ch. messanensis Castr.	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×			
Ch. radicans Schütt	×	×	×	×				×		×	×	×			
Eucampia zoodiacus Ehr.	×			×	×				×	×		×			
E. cornuta (Cleve) Grun.				×				×	×		×	×			×
Climacodium frauenfeldianum Grun.	×	×	×	×	×		×	×		×	×	×			×
C. biconcavum Cleve	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×
Ditylum brightwellii (West) Grun.	×		×	×	×			×	×	×	×	×			
D. sol (Grun.) De Toni			×	×		×	×	×		×	×	×			
Hemiaulus hauckii Grunow			×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×
H. sinensis Greville				×	×			×	×	×	×	×			
Hemidiscus hardmanianus (Grev.) Mann	×	×	×	×	×			×	×						
Thalassiothrix longissima Cleve et Grun.	×		×	×				×	×	×	×	×			
Th. frauenfeldii Grunow	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			×
Asterionella japonica Cleve	×			×	×			×	×	×	×	×			

less in number of species than subneritic stations. Only at St. 3, might be in mingling water, considerable number of species appeared (Tables 1, 2 and 3).

The material collected in the short period of the warmest season contained many diatom plankters, showing 103 species of 29 genera. The distribution of species was

Table 3. Species rarely observed.

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Stephanopyxis turris (G. et A.) Ralfs									×	×		×			×
Thalassiostra subtilis (Ost.) Gran				×				×	×						
Th. sp.					×				×						
Ethmodiscus gazellae (Janisch) Hust.				×				×							
Coscinodiscus lineatus Ehr.			×	×						×					
C. stellaris Roper						×									
C. granii Gough	×	×													
C. concinnus W. Sm.		×	×	×				×		×					
Planktoniella sol (Wallich) Schütt											×				
Gossleriella tropica Schütt			×	×						×					
Asteromphalus heptactis (Breb.) Ralfs		×													
Corethron pelagicum Brun				×					×			×			
Schröderella delicatula (H. Pér.) Pavil.			×	×				×	×						
Rhizosolenia fragilissima Bergon								×		×					
Bacteriastrum delicatulum Cleve				×	×			×							
B. elongatum Cleve								×				×			
B. minus Karsten												×			
Chaetoceros eibenii Grunow											×				
Ch. tetrastichon Cleve			×							×	×		×	×	
Ch. danicus Cleve	×							×	×						
Ch. densus Cleve					×				×						
Ch. denticulatus Lauder				×					×	×	×				
Ch. indicus Karsten			×	×				×			×				
Ch. rostratus Lauder			×						×	×					
Ch. castracanei Karsten						×									
Ch. pseudoaurivillii Ikari			×	×									×		
Ch. lauderi Ralfs			×												
Ch. weissflogii Schutt				×				×	×			×			
Ch. frichei Hustedt	×									×					
Ch. vanheurckii Gran	×				×			×		×					
Ch. costatus Pavillard				×				×		×		×			
Ch. subsecundus (Grun.) Hust.			×		×										
Ch. diversus Cleve	×		×	×	×						×				
Ch. debilis Cleve				×	×				×			×			
Ch. tortissimus Gran					×				×		×				
Streptotheca thamensis Shrubsole				×	×				×	×					
S. indica Karsten										×					×
Biddulphia mobiliensis Bailey	×														
B. longicruris Greville				×					×						
B. sinensis Greville	×		×	×					×			×			
Cerataulina bergonii H. Pér.				×					×	×		×			
Hemidiscus cuneiformis Wallich										×					
Thalassiothrix mediterranea Pavillard										×			×		
Asterionella notata Grun.					×										
Nitzschia delicatissima Cleve			×	×	×	×						×			
Total number of species	55	36	51	72	59	26	19	62	66	68	57	60	15	13	25

intricate, and many species were widely spread through the different temperature of water.

Among 36 species of *Chaetoceros*, several hyalochaetes occupied a great important part of the quantity at the neritic waters of Bôsô Peninsula while northern stations had no flowering of them. 15 of *Rhizosolenia* and 6 of *Bacteriastrum* appeared, many of them were widely distributed.

AIKAWA (1935) recorded that *Rh. styliformis* appeared prominently at 100 miles east off Cape Shioyazaki in Sept., 1922. He also described that some species of *Coscinodiscus* appeared through a whole year at the area. In the present study, *Rh. styliformis* var. *latissima* was considerably abundant at St. 2, and three species of *Coscinodiscus* appeared there.

In the present study, two haulings were made near Cape Nojimazaki (St. 9) on Aug. 28 and 30. The second sample, obtained 37 hours later the first haul, decreased the volume about one third of the first one without changing the main constituents. The summer flowering of diatoms in very short duration has sometimes been reported. LILLICK (1937) referred to the summer flowering in Woods Hole waters bursted forth during only a period of three or four days in August, 1936.

NOTES ON SPECIES

KOKUBO (1952) clarified the seasonal appearence of many important diatoms at Mutsu Bay, the northern end of Honshû. Some discrepancies, caused by the difference of sea conditions, were noticeable on their appearence in the present waters. Basing on the standpoint, short notes were made on the following species:

Coscinodiscus radiatus EHR. ……Widely distributed but rather conspicuous at northern stations.

Coscinodiscus wailesii GRAN et ANGST……Found in neritic stations avoiding highest temperature area.

Coscinodiscus granii GOUGH ……Found only in northern two stations.

Rhizosolenia styliformis var. *latissima* BRIGHTW. ……Widely distributed but rather notable at northern stations.

Hemidiscus hardmanianus (GREV.) MANN……Not rare in the present area preferring lower temperature of water, while the species was regarded as an indicator of the warm current at Mutsu Bay.

During the observation of the pesent writer made near Hachijô Island (TAKANO, 1954), the large sized diatoms, i.e., *Rhizosolenia styliformis* var. *latissima*, *Coscinodiscus wailesii*, and *Hemidiscus hardmanianus*, were commonly present in the coldest water of the early spring, 1952. The association of above species was also noticeable at St. 2 of the present study. These species may have their optimum for multiplication in coldest water of the present area, and commonly appear in the subneritic waters adjacent to the Izu Islands in the season, but they retreat to coastal and northern waters following to the warming of the sea.

Chaetoceros pseudocurvisetus MANGIN ……Rare in Mutsu Bay but common at the present coasts in warm season. Prominently occurred at St. 9.

Ch. diversus CLEVE and *Ch. laevis* LEUD.-FORTM. ……At Mutsu Bay, the former is a most decisive indicator of the warm current and the latter has not so far been found. In the present study, both tropical species were distributed over to Sendai Bay (St. 1).

Ch. castracanei KARST., *Ch. pseudocurvillii* IKARI and *Ch. frichei* HUST. ……After IKARI (1926), there is no datum on these species from Japanese coast. The first was found at St. 6, the second at Sts. 3, 4 and 13, and the last at Sts. 1 and 10, all in rare number.

Thalassiothrix mediterranea PAVILLARD ……Rarely found at Sts. 10 and 13. ANRAKU (1954) newly noted the abundant occurrence of the present species (var. *pacifica* CUPP) in the northwestern Pacific.

ACKNOWLEDGEMENTS

The writer is indebted to Mr. Nobuo WATANABE (Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory) for the permission of sampling to the writer, who was a student of Hokkaidô University at the time, and to Dr. Tokiharu ABE (Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory) for his constant advice and encouragement. Thanks are also due to the captain, Mr. Kiich IMAMURA, and the crew of the "Sôyô-maru" for much help on board.

REFERENCES

AIKAWA, H., 1935 : On the quantitave analysis of the plankton association in the adjacent seas of Japan. II. Jour. Imp. Fish. Exp. Sta., no. 6, pp. 131–171. In Japanese.

ANRAKU, M., 1954 : Copepods collected on the whaling grounds off northern Japan and around Bonin Islands. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., vol. 5, no. 1, pp. 1–8.

IKARI, J., 1926 : On some Chaetoceros of Japan. I. Bot. Mag. Tokyo, vol. 40, no. 478, pp. 517–534, 15 figs.

KOKUBO, S., 1933 : Dobutsusei-plankton to shokubutsusei-plankton no ryotekikankei no kenkyu ni tsuite. Zool. Mag., Zool. Soc. Jap., vol. 44, no. 525, pp. 279–289. In Japanese.

———1952 : Results of the observation on the plankton and oceanography of Mutsu Bay during 1950, reference being made also to the period 1946–1950. Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi, vol. 5, nos. 1–4, pp. 1–54.

LILLICK, L. C., 1937 : Seasonal studies of the phytoplankton off Woods Hole, Massachusetts. Biol. Bull., vol. 73, pp. 488–503.

MARUMO, R., 1950: Plankton in the sea area adjacent to Zunan Islands and Soto-Boshu in summer, 1947. Oceanogr. Rep. Centr. Meteorol. Obs., vol. 1, no. 4, pp. 171–178. In Japanese.

SHIMOMURA, T., and KOIZUMI, M., 1950 : Report on the oceanographical observations from Tori-Sima to the sea off Sanriku district. (On board the R. M. S. "Ryohu-Maru," Aug. 10–Sept. 2, 1947). *Ibid.*, vol. 1, no. 2, pp. 55–74. In Japanese.

TAKANO, H., 1954 : Preliminary report on the marine diatoms from Hachijô Island, Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., vol. 19, no. 12, pp. 1189–1196.

サバの耳石に顯われる輪紋に就いて

吉　原　英　吉
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第四号　別刷
昭和三十年八月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 4, August, 1955

サバの耳石に顯われる輪紋に就いて

吉 原 英 吉
（東海区水産研究所）

On the Rings Appearing on the Otolith of one Form of the Japanese Mackerels

Eikiti YOSHIHARA

The rings of otolith were examined in age determination of the one form of the Japanese makerels, *Scomber japonicus japonicus* (HOUTTUYN), because the scales are almost completely rubbed off prior to the collecting of the fish.

1) The percents of the otoliths which show opaque or translucent margin for each month of the year are shown in table 2.

2) The relation between the fork length and otolith length is given by F.L=17.7R−9.1 (when F.L is fork length in cm, R is distance between the center of otolith and its anterior margin in mm)

3) The range and average of the fork length of each age group and the calculated fork length are shown in tables 3 and 4.

緒 言

サバ資源研究の基礎となる年令の査定を，耳石[1]に顯われる輪紋に依って試みたので，その結果を報告する。材料は昭和 28 年 2 月より 10 月に至る期間に，大室出しを中心とする千葉・神奈川両県下の漁場で漁獲されたもの 269 尾（Table 1）を用いた。本研究は，東海区水産研究所サバ資源科で行われているサバ資源研究の一部として行つたもので，材料の測定処理に当られた東海区水産研究所サバ資源科長阿部宗明博士並びに同科の諸氏に厚く感謝の意を表する。

Table 1. Locality and date of collecting of the specimens examined.

Date	Locality	No. of specimens	Range of fork length in cm
Feb. ? 1953	Katsuura	15	32.2～42.0
Apr. 9 〃	Tyoshi	7	26.2～37.8
〃 15 〃	Togawa	16	20.8～32.2
〃 30 〃	Ōmurodashi	13	28.9～39.1
May. 21 〃	〃	62	32.2～40.8
Jul. 2 〃	Tikura	80	23.8～39.5
〃 17 〃	Amatsu	4	27.8～30.7
〃 21 〃	Ōmurodashi	56	33.8～41.8
〃 31 〃	Tikura	10	23.8～35.5
Oct. 5 〃	Ōmurodashi	6	33.4～34.8

研 究 結 果

1. 耳石の形状と測定

サバの耳石は，後部に鏃状の突起を有する略と長方形で弓形に外側に彎曲している。下部は内側に凹んでいて，その周縁には花辨状の凹凸がある。耳石の中心は，下部の最も凹んだ点と上縁とを結ぶ線の略と中央に存在する。従つて，耳石の大きさの測定は，中心より前縁の中央部に向つて行つた。各輪紋迄の長さは，中心より各透明帯迄の距離をミクロメーター（1/15mm）で測定した（Fig. 1）。サバの耳石は，小さくて

1955 年 6 月 29 日受理（印刷費負担）東海区水産研究所業績 B 第 213 号

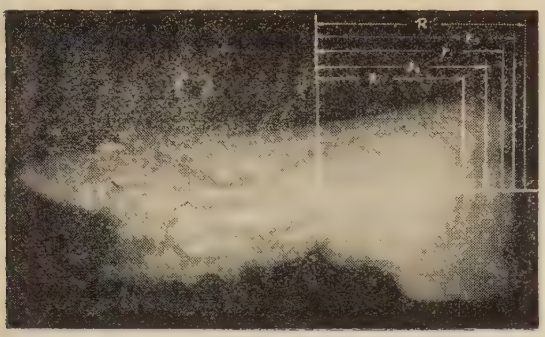


Fig. 1. Outer aspect of the otolith, and illustration of measurement.

Fig. 2. Method of taking-out of the otolith.

割れ易いので取り出し難いが，Fig. 2 の様に頭部をやゝ斜めに，眼の直後を通る様に切断して脳を取り除き，ピンセットで取り出した。輪紋は一般に明瞭なので，薄片にしなくても充分判読する事が出来た。本研究では，生の材料から前記の方法で耳石を取り出してよく洗い，耳石が充分ひたる位のキシロールにつけて観察した。透過光線では，透明帯と不透明帯がはっきりしないので，反射光線を用いて観察した。

2. 輪紋の形成とその形成時期

耳石に沈着する石灰質の量は，後部より前部の方が密で，輪紋も前部の方に明瞭に顕われている。中心部より外方に向って石灰質沈着の著しい不透明帯が続き，凡そ中心より 1.6mm 位の所に第一の透明帯が見られる。これより外側に向って不透明帯と，それよりやゝ巾の狭い透明帯が交互に配列されている。透明帯の中には，小さな細い条紋が認められるものもあるが，これは耳石全体にわたつておらず，不連続になつているので，輪紋として数えず，同心円的に明瞭に配列されている透明帯のみを輪紋として数えた。この輪紋の中心からの距離を WALFORD[2] の graphic method に従い，X 軸に r_n Y 軸に r_{n+1} をとつて輪群別に表わすと，Fig 3. の如く，どの輪群でも，それぞれよく一直線上に乗り，サバの輪紋形成は週期的に起ると推定される。

Table 2. Percent of otolith showing opaque or translucent margin for each month of the year.

Month	No. of specimens	No. of otoliths showing translucent	No. of otoliths showing opaque margin	Percent showing translucent margin
Feb.	15	10	2	66.7
Apr.	51	30	12	58.8
May.	62	19	36	30.6
Jul.	66	4	50	6.1
Oct.	6	0	5	0

輪紋形成の時期については，耳石の縁辺が，透明帯で終つているか，不透明帯で終つているかを，各個体について観察して，各月別に透明帯で終つているものの百分率を求めてみた，その結果は Table 2 の通りで，5 月から 7 月の間に，透明帯から不透明帯に移る最も大きな変化を示している。即ち，2 月・4 月の材料ではその 60% 以上が透明帯で終つており，5 月からは反対に不透明帯で終つているものの割合が多くなり，5 月の材料では 60% 以上，7 月の材料では 90% 以上がその縁辺に不透明帯が形成されており，10 月の材料では，その全部が不透明帯で終つていた。この結果から考察すると，サバの耳石に顕われている透明帯は，12 月から 3 月の間に形成されて，4 月から不透明帯の形成が始まり，11 月頃迄不透明帯の形成を続けて，冬期から透明帯の形成に移って行くものと考えられる。即ちサバの耳石に顕われる輪紋は年 1 回形成される年輪と考えられる。各個体について，透明帯数を調べて各年令群の叉長範囲を求めると，Table 3 の様になる，1 輪魚 21～24cm，2 輪魚 28～34cm，3 輪魚 29～37cm，4 輪魚 35～39cm，5 輪魚 37～41cm，6 輪魚 39～42cm，7 輪魚 42cm，で，5，6 輪群は，その叉長範囲が可成り重なり合つている。これは高年魚になるに従い成長が悪くなる為であろう。高年魚については，なお検討するつもりである。

3. 輪紋形成時の計算体長

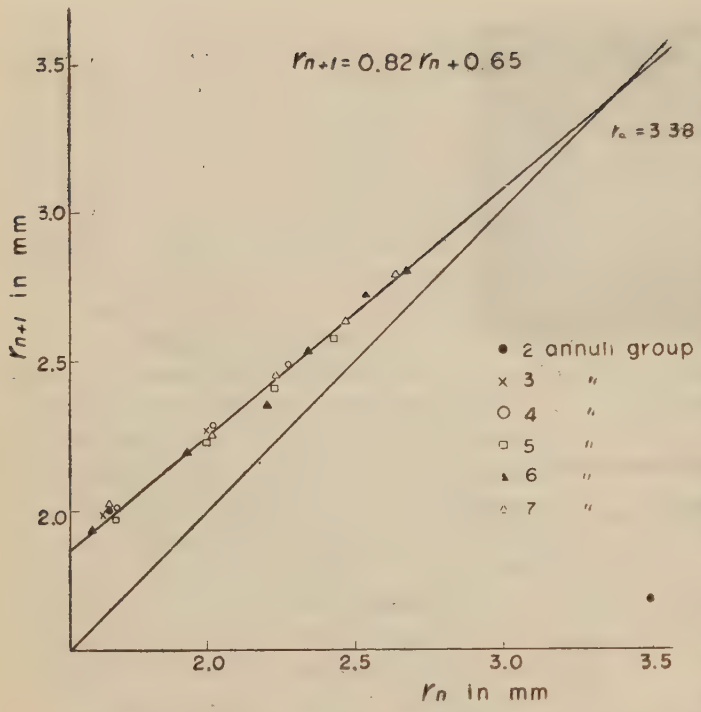


Fig. 3. Growth data in otolith plotted according to WALFORD's method.

耳石の大きさと叉長との関係は Fig. 4 に示す通り，大きな相関が見られ，その関係は，F.L=17.7R−9.1（FL…叉長 cm R…耳石の大きさ mm）の式で表わされる。各耳石について測定した耳石中心から各輪紋に至る距離の分布は，Fig. 5 に示す通りで，25,30, 34, 37, 39, 42 (1/15mm)の所に夫々山があり，その平均距離は Table 4, 5 の通りである。この値を上の式に代入して，各輪紋が形成された時の平均叉長を計算すると第1輪 20.4cm，第2輪 26.2cm，第3輪 31.0cm，第4輪 34.2cm，第5輪 36.6cm であつた。この結果は，第4輪以上の高年魚については輪紋形成時の叉長が可成り接近した値となり，夫々別個の群としての意義が薄い様に思われるが，これは高年魚の材料が少なかつた為と，耳石の大きさと叉長との関係を直線として計算した為であろうと考えられる。高年魚については，今後新たな材料を得て再検討する積りである。

以上，得た結果に基いてサバの年令を推定してみると，当才魚：20cm 以下 1才魚 20～26cm，2才魚 26～31cm，3才魚 31～35cm，4才魚 35～38cm，5才魚 38cm 以上となる。

Table 3. Range and average of fork length of each annuli group.

Annuli grop	No. of specimens	Range of fork length in cm	Average and standard deviation of fork length in cm
r_1	6	21～24	21.5±1.39
r_2	42	26～34	29.4±1.99
r_3	69	29～37	33.2±1.71
r_4	66	35～39	36.7±1.28
r_5	39	37～41	3.91±1.18
r_6	12	39～42	4.02±1.05
r_7	1	42	42.0

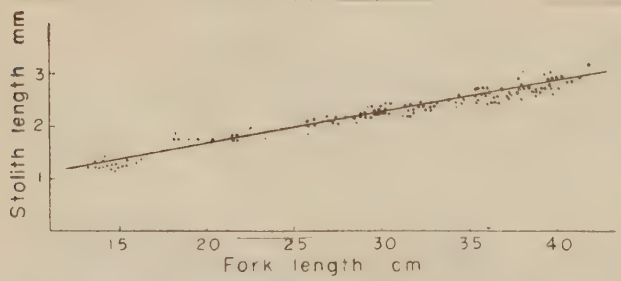


Fig. 4. Relation between the fork length and the otolith length.

要　約

1) 昭和 28 年2月より 10 月に至る期間に，大室出しを中心とする千葉・神奈川両県下の漁場で漁獲されたサバ 269 尾を用いて，耳石に顕われている輪紋からサバの年令査定を行つた。

2) サバの耳石に顕われている輪紋は，透明帯によつて形成され，一般に明瞭で，キシロールにつけたま

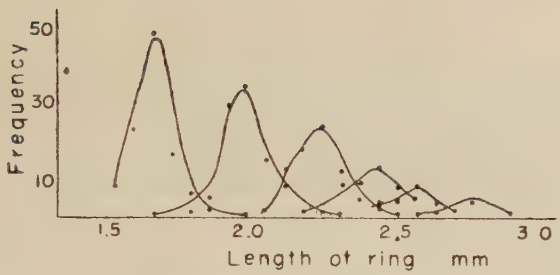


Fig. 5. Length of ring

ヽ反射光線を当てて観察した。

3) 輪紋（透明帯）は 12 月から 3 月の間に形成される。即ちこの輪紋は年輪と考えられる。

4) 耳石の大きさと叉長との関係は

FL=17.7R−9.1（F.L…叉長 cm, R…耳石の大きさ mm）で表わされる。

5) 耳石中心から各年輪迄の平均距離（r_1, r_2…r_6）は

r_1=25.01±1.15　　r_2=29.95±1.32

Tacle 4. Average length of rings of each annuli group. ($^1/_{15}$mm)

Annuli group	No. of specimens	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
I	6	24.8						
II	18	25.1	30.0					
III	32	24.7	30.0	34.1				
IV	24	25.5	30.1	34.1	37.0			
V	13	25.1	29.2	33.3	36.1	33.5		
VI	7	25.0	30.8	23.4	36.9	39.4	41.9	
VII	1	24.0	29.0	33.0	35.0	28.0	40.0	42.0
ave.	101	25.0	30.0	34.0	36.6	38.8	41.6	42.0

Table 5. Mean (M) and probable error($\delta/\sqrt{n}$) of r_1～r_7, and calculated fork length.

item	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
$M\pm\sigma/\sqrt{n}$ ($^1/_{15}$mm)	25.01±0.407	29.95±0.303	34.01±0.274	36.61±0.294	38.76±0.330	41.57±0.56	42.0
L(cm)	20.4	26.2	31.0	34.2	36.6	39.9	40.5

r_3=34.01±1.53　　r_4=36.61±1.44　　r_5=38.76±1.19　　r_6=41.57±1.47

で年輪形成時の叉長（$l_1, l_2 \cdots l_6$）は（1/15mm）

l_1=20.4cm, l_2=26.2cm, l_3=31.0cm, l_4=34.2cm, l_5=36.6cm, l_6=39.9cm である。

文　献

1) Fitch, John E. : Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bulletin 83, 1～73 (1951).

2) L.A. Walford : A new graphic mithod of describig the growth of animals. Biol, Bull. 90, 141～147 (1946).

瀬戸内海におけるイワシの漁況について——II.
漁獲高の自然環境に対する相関及び漁況の予報

土　井　長　之
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第二号　別刷
昭和三十年六月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 2, June 1955

瀬戸内海におけるイワシの漁況について—II.
漁獲高の自然環境に対する相関及び漁況の予報

土 井 長 之
（東海区水産研究所）

On the Fisheries of "Iwasi" (Sardine, Anchovy and Round Herring) in the Inland Sea—II.

Relationships of Yield to Environments and Prediction of Fluctuations of Fisheries.

Takeyuki Doi

Fisheries of "iwasi" in the Inland Sea have been, in the previous report, classified into three types by analysing secular variations of yield as problems of time series and corelogram. In this report, the writer treats fluctuations of catch in each type with relations to factors of environments——oceanographical and meteorological conditions.

Patterns of annual variations of sea water temperature and specific gravity at several stations may be characterized by parameters of the patterns, as shown in Tables 1, 2, 3 and 4. In Tables 5 and 6, are shown coefficients of correlation between fluctuations of catch in each type and factors of environments.

And moreover, problems of predictions have been discussed in the point of view of interpolation by correlation diagram and extrapolation by corelogram. Fig. 1 shows the correlation diagr m between x, fluctuations of catch in type 1, and parameters b, coefficient of linear regression of specific gravity obtained at Kasaoka every two years before the period under consideration. Because of this relation, values of x are possible to be estimated from value of b two years before by means of interpolation.

In Figs. 2, 3 and 4, full and dotted lines, show secular variations of actual catch and calculated values by means of extrapolation from corelogram of time series, respectively. Shaded parts indicate confidence intervals of about 70 %.

Above-mentioned relationships have been discussed only in static and apparent states of phenomena. However, dynamical treatments of relationships between parameters of aquatic resources, as well as research upon cause of discrepancies between actual and predicted values of catch, are important subjects which will be studied in future.

緒 論

瀬戸内海に面する各府県のイワシの漁獲高の永年変化を分析して，その変動には三種の型のあることを先に第1報[1]において報告した。これらの型に分けられた漁況の変動と，海況や気象要因との相関，ならびに漁況の予報等の問題についてこゝで考えてみたい。尚海況については海洋時報，海洋調査要報及び旧農林省水産試験場笠岡分場の測定記録より，気象については岡山測候所と笠岡分場の観測記録より資料を求めた。

この研究を行うにあたり，旧笠岡分場の浅野淑子，高森茂樹及び東海区水産研究所の野島休五の各氏に数値計算及び図表作成の労をわずらわしたことを感謝する。

水温及び塩分

海洋調査要報及び海洋時報から，瀬戸内海に関連を持つ観測地点として潮岬，内海，明石，笠岡，屋島，

1955 年 5 月 16 日受理（印刷費負担） 東海区水産研究所業績 B 第 209 号

沖島等が選び出されるが，漁況との相関を求めるには長期間の連続観測が必要であり，この観点よりこゝでは主として笠岡，潮岬及び屋島の資料を用いた。

漁況と海況の相関をしらべるのに，各地点の月々の観測値のみでなく，海況の周年変化の pattern (pattern を構成する諸要素自身の固有値でなく，その要素の並び方) とも比較すれば一層有効であろうと思われるので，水温 T°C については，

$$T=T_0+C\sin\frac{2\tau}{12}(t+\alpha)$$

T： 月平均水温　　t： 時間，(単位月)

と分解して，年変化の模様を parameter T_0, C 及び α であらわした。こゝに T_0 は年平均水温，C は水温変化の巾，α は時間的位相のずれであつて，$t=-\alpha$ 及び $6-\alpha$ で平均水温 T_0 を，$t=3-\alpha$ で最高水温 T_0+C を，$t=9-\alpha$ で最低水温 T_0-C の値を得る。又魚体の発育や稚魚発生に関係があるかとも思われるので，水温が 20°C 以上の期間を I_{20} として求めた。第1表，第2表及び第3表に屋島，潮岬及び笠岡の水温変化の parameter の計算結果を示す。

Table 1. Analysing of sea water temperature at Yasima into parameters. △

Period	Parameter			
	T_0	C	α	I_{20}
1934	16.4	7.3	0.34	3.9
1935	17.0	6.4	0.21	4.1
1936	15.9	7.4	0.13	3.6
1937	17.4	6.2	0.24	4.3
1938	16.0	7.0	0.55	3.6
1939	16.5	7.6	0.29	4.3
1940	16.6	6.9	0.29	4.1
1941	17.1	6.1	0.32	4.1
1942	16.9	7.2	0.33	4.1

△ The values were obtained by

$$T=T_0+C\sin\frac{2\tau}{12}(t+\alpha)$$

where T: monthly average temperature
T_0: annual average temperature
C: amplitude of temperature
t: time (in unit of month)
α: time lag
I_{20}: interval during which temperature is higher than 20°C in the year

塩分は水温のようなきれいな変化を示さないが，比重 σ について，

$$\sigma=a+bt$$

σ： 月平均比重

の1次回帰式をあてはめた。この式で papameter は a 及び b であるが，更に b の有意性[2] 及び1次回帰直線よりの偏差 d も考慮した。こゝに

$$\Delta=\sum_{t=1}^{12}\left(\sigma_t-a-bt\right)^2$$

とすれば，

$$d=\sqrt{\frac{\Delta}{10}}$$

Table 2. Analysing of sea water temperature at Sionomisaki into parameters.

Period	Parameter			
	T_0	C	α	I_{20}
1930	19.7	7.1	1.28	5.7
1931	20.4	6.4	0.90	6.5
1932	20.7	4.8	0.81	6.2
1933	21.3	5.7	1.06	6.7
1934	19.3	5.3	0.94	5.0
1935	19.8	5.5	0.94	6.1
1936	19.5	5.7	0.54	5.6
1937	20.1	5.7	1.07	5.7
1938	19.0	6.1	1.02	5.0
1939	19.2	6.4	0.85	5.9
1940	18.7	6.7	0.67	5.4
1941	19.8	5.8	0.80	5.7
1942	20.1	6.2	1.10	5.6

See footnote of Table 1 for calculation.

Table 3. Analysing of sea water temperature.

Period	Parameter			
	T_0	C	α	I_{20}
1938	16.6	10.7	1.30	4.7
1939	16.9	11.3	1.22	4.7
1940	17.1	11.3	1.23	5.0
1941	16.8	9.6	1.23	4.7
1942	16.8	11.2	1.32	4.4
1943	16.5	10.9	1.20	4.6
1944	17.0	11.5	1.30	4.8
1945	16.5	11.5	1.27	4.9
1946	17.1	11.0	1.21	4.8
1947	16.5	11.1	1.23	4.3
1948	17.5	10.7	1.16	4.8

See footnote of Table 1 for calculation.

である。笠岡の比重について parameter の計算結果を第4表に示す。

Table 4. Analysing of sea water specific gravity at Kasaoka into parameters.*

Period	Parameter		
	a	*b*	*d*
1937	23.35	−0.127*	0.53
1938	23.50	−0.214*	1.13
1939	22.76	−0.143**	0.17
1940	24.93	−0.125**	0.37
1941	24.47	−0.330**	0.64
1942	22.50	−0.044	0.60
1943	23.81	−0.079	0.65
1944	24.42	−0.096	0.58
1945	24.97	−0.356*	1.39
1946	22.64	0.081	0.67
1947	23.74	0.066*	0.32
1948	25.02	−0.106**	0.27

× The values are obtained by

$$\sigma = a + bt$$

where σ : monthly average specific gravity
a : coefficient of 0-th regression
b : coefficient of linear regression
t : time (in unit of month)

* significant at 5 %
** significant at 1 %

第1型（大阪・岡山・広島・香川・徳島）と環境要因との相関

第1報におけると同じ記号を採用して，大阪・岡山・広島・香川・徳島各府県の属する第1型の定常確率変数 x と，海況及び気象要因との相関を求め，そのうち比較的相関係数が大きくて，相関がないと推定するには，危険率が伴うものを選び出すと第5表の如くになる。尚，年数（標本の大きさ）及び信頼度 90 %の信頼限界[3]も並記した。

第3型（愛媛）と環境要因との相関

前節におけると同様にして，愛媛県によつてあらわされる第3型の定常確率変数 x と，海況及び気象要因との相関は第6表の如くになる。

尚，和歌山・兵庫・山口及び大分の各県の属する第2型は，外海のマイワシが多分に含まれているので，瀬戸内海の環境要因との相関を求めても無意味である故計算しなかつた。

Table 5. Correlations of fluctuation x of type 1 to environments.

	Station	Factor	Coefficient of correlation	Size	Confidence interval (Significant at 10 %)
Sea water temperature	Kasaoka	α (of the year)	0.73	7	0.15～0.93
	Kasaoka	I_{20} (A year before)	0.86	6	0.33～0.96
	Yasima	C (of the year)	0.79	9	0.35～0.93
Sea water specific gravity	Kasaoka	σ, December (of the year)	−0.87	8	−0.52～−0.95
		σ, January (A year before)	0.93	7	0.75～0.97
		σ, November (Two years before)	0.96	6	0.75～0.98
		σ, December (Two years before)	0.95	6	0.68～0.98
		b (Two years before)	0.93	6	0.60～0.97
Rainfall	Kasaoka	April (of the year)	−0.88	5	−0.24～−0.96
	Kasaoka	December (of the year)	0.95	4	0.28～0.99
	Okayama	November (A year before)	0.55	15	0.14～0.78
	Okayama	September (of the year)	−0.53	16	−0.08～−0.76

See footnotes of Tables 1 and 4 for notations.

Table 6 Correlations of fluctuation x of type 3 to environments.

	Station	Factor	Coefficient of correlation	Size	Confidence interval (Significant at 10 %)
Sea water temperature	Yasima	C (of the year)	0.68	9	0.15～0.89
	Yasima	C (A year before)	−0.62	9	-0.05～-0.86
	Siono-misaki	α (of the year)	0.59	13	0.16～0.80
Sea water specific gravity	Kasaoka	σ, July (of the year)	−0.83	7	-0.33～-0.95
		σ, August (of the year)	−0.75	7	-0.15～-0.92
		σ, October (of the year)	−0.86	7	-0.40～-0.95
		σ, November (of the year)	−0.84	7	-0.36～-0.95
		σ, December (of the year)	−0.77	7	-0.18～-0.92
		σ, January (A year before)	−0.67	8	-0.06～-0.88
		d (Deviation from regression line)	0.86	7	0.43～0.96
Rain-fall	Kasaoka	August (of the year)	−0.92	6	-0.55～-0.96

See footnotes of Tables 1 and 4 for notations.

漁 況 の 予 報

漁獲高変動の様相が第1報においては時系列とみなした場合の自己相関として，更に本報告では自然環境要因との相関として把握されたので，次に漁況の予報について考えてみたい。

A： 自然環境要因との相関によつて行う。

例えば第1型の漁獲変動と，2年前の笠岡の比重の年変化の parameter b とは，かなり大きな相関係数 0.93 があるので，b の大きい年(即ち春より秋の方が比重が大) があればそれから2年後には豊漁が期待される。逆に b の負の年（即ち春の方が秋より比重が大）があれば，それから2年後は不漁の年である。第1図にこの関係を図示する。

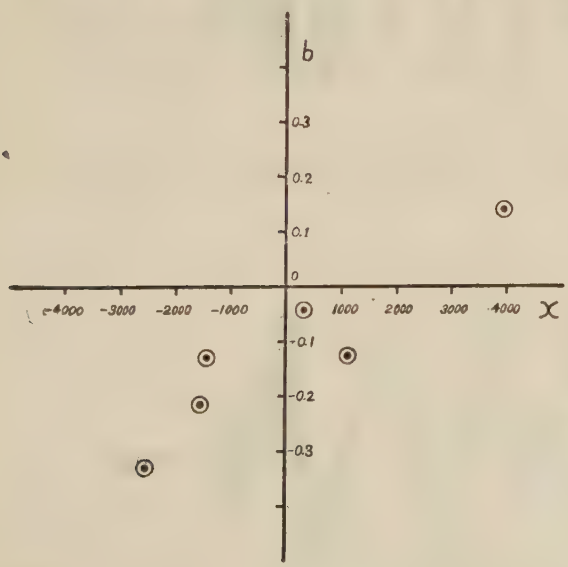


Fig. 1. Correlation diagram between x, fluctuation of catch in type 1, and b, coefficent of linear regression of specific gravity at Kasaoka two years before.

B 自己相関係数によつて行う。

漁獲変動を支配する法則が分らない場合に，それを時系列と考えて，統計的に自己相関係数を用いて外挿[4]を行う方法であつて，漁獲の相対的豊凶は予想されるであろう。但しこれが有効である為には，漁業の条件や漁獲統計の一貫性がなければならない。t 年より k 年後の予報値 x_{t+k} は，

$$x_{t+k}=a_k x_t-a_{k+1}x_{t-1}-\cdots\cdots-a_h x_{t-h+k}$$

によつてあたえられ，その誤差が

$$\pm\varepsilon\sqrt{(1+b_1^2+b_2^2+\cdots\cdots+b^2_{k-1})\Delta s^2}$$

である確率は，

$$\sqrt{\frac{1}{2\pi}}\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon}e^{-\frac{x^2}{2}}dx$$

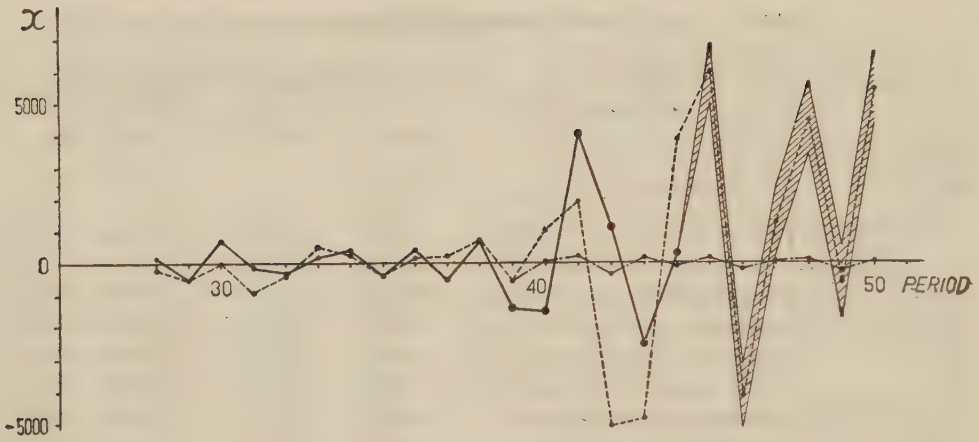


Fig. 2. Comparison between actual and predicted catch in type 1. Full line : actual fluctuations. Dotted line : extrapolated values by corelogram.

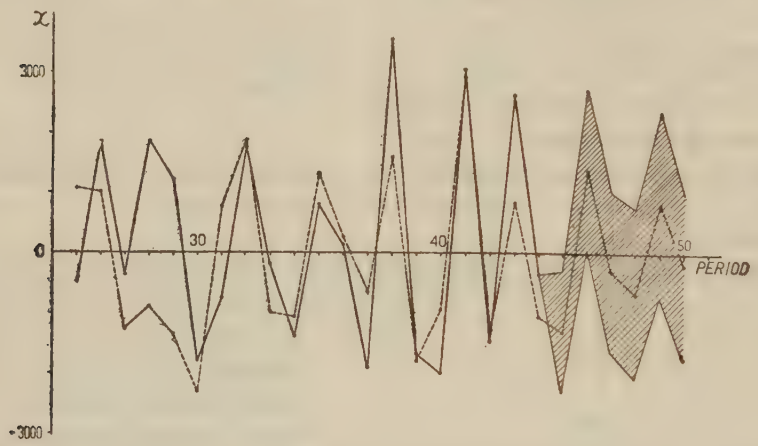


Fig. 3. Comparison between actual and predicted catch in type 2. See footnote of Fig. 2 for legend.

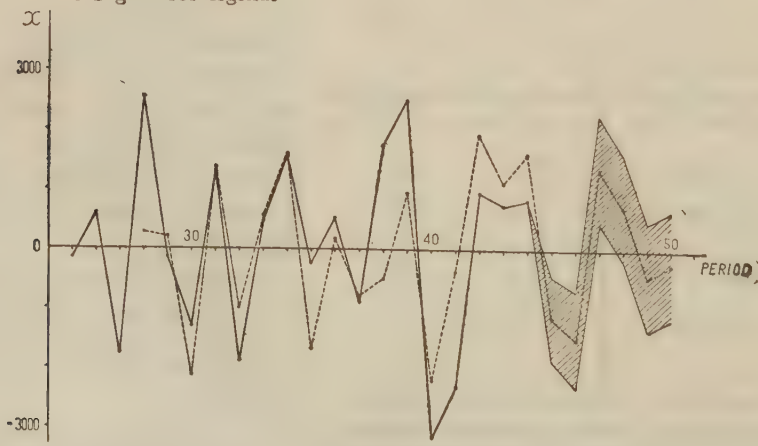


Fig. 4. Comarison between actual and predicted catch in type 3. See footnote of Fig. 2 for legend.

で求められる。但し a_k, b_k, 及び Δ は，第1報で計算した自己相関係数 r_k と h（自己相関係数を考慮した年数）より計算され，s^2 は x の変動（variance）である。第2図，第3図及び第4図に第1型，第2型及び第3型に外挿の結果を示す。実線は漁獲変動 x であり，点線は外挿値（予報値）をあらわす。斜線の部分は誤差範囲であつて，$\varepsilon=1$ の場合である。即ちこの場合には，予報値が斜線の範囲内におちる確率は約 70 %である。

尙，第2図の破線は 1941 年以降を除いての計算である。

むすび

本報告にて取扱つた相関は，所謂単純相関である。正確に論ずるならば，要因が色々あるのだから，重相関等を用いて分析すべきであろうが，その為にはそれに適した，しかも長期間の資料を必要とする。この報告で論じた単純相関のみを取扱つても，要因については殆んどが 10 年未満の期間の資料であるから，その信頼度はかなり低いものがある。漁況を予知する場合にも，この点に注意を払わねばならぬ。

更に資源調査の本質から言えば，見かけの相関々係をしらべるのが目的ではなくて，こゝで求めた漁況と海況及び気象との相関が何によつておこるか，と言う動的な法則を見出すべきである。それには生物学的な資源調査が必要であるから，この報告でしらべた資料のみでは論ずることは出来ない。本報告では，事象を static にとらえてその記述のみに終つたが，資源の状態を dynamic にとく手がゝりともなれば幸いである。

この研究は 1949 年に行つたものである。その後の漁獲統計も，推定方法や漁獲の様相が色々変つたけれども，発表されているので，時系列相関係数による外挿と比較することは可能である。そしてどの程度に合致するか，予報値との差異は何によつておこつたのか等は興味ある課題であり，将来の検討を要する。以上の諸問題については今後の調査研究に待ちたい。

文献

1) 土井長之： 本誌，**16**，132～136 (1950).
2) 増山元三郎： “小数例のまとめ方”，2版，河出，東京，(1954)，pp. 104～107.
3) 統計科学研究会： “統計数値表 I ”，2版，河出，東京，(1943)，pp. 130～133.
4) 日本応用力学会： “応用統計学”，克誠堂，東京，(1949)，pp. 702～744.

瀬戸内海におけるマダイ資源について

土　井　長　之
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第五号　別刷
昭和三十年九月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 5, September, 1955

瀬戸内海におけるマダイ資源について

土 井 長 之
（東海区水産研究所）

Dynamical Analysis on Porgy *Pagrosomus major* (T. & S.) Fishery in the Inland Sea of Japan.

Takeyuki Doi

It it often said that the fishing grounds have been laid waste all over the Inland Sea of Japan because of overfishing …… especially in the situation of Porgy *Pagrosomus major* (T. & S.) fishery which is one of the most important in her waters. The writer attempted to argue and analyse the Porgy population, from the past records of catch and the fishing vessels with reference to the survival rates measured in 1937 by Y. Wang and in 1949 by the writer and his assistants, so as to make the nature of its population clear.

The trends of yearly yield in each prefecture facing the Inland Sea, are claseified into two types (Fig. 1) by analysing the secular variations, in regarding them as vectors and time series.

The survival rates are estimated to decrease from 0.82 in 1936 to 0.64 in 1949 (Tables 4, 6 and Fig. 8) for about ten years. It seems that the decrease has been caused by strengthening fishing effort, represented in the number of fishing vessels.

In Tables 7 and 8, are shown the rates of natural mortality, fishing mortality, survival and exploitation of three prefectures respectively, calculated from competitive relation between the fishing mortality rates and the fishing efforts.

The thick full lines, as shown in Figs. 11, 12 and 13, represent the actual fluctuations of catch. The other four lines indicate the relative variatons of reconstructed catch, computed from the estimated values of the above-described population parameters under four trials. Considering the lines of recontructed catch and the actual one, the writer concluded that the number of 5～10 tons vessels is reasonable to show the fishing efforts.

Because the catch has not grown larger in spite of the annual increase of exploitation rate, the abundance of population is considered to be reduced by half for about past ten years : evidently it is a dangerous state of overfishing. Thus the optimalized fisheries or the regulation of fishing are inferred in Tables 9, 10, 11, and 12, concluded from *C-f* diagram (Figs. 14 and 15).

The prediction of catch has been able to practise in three ways : namely ……the correlation (Tables 13, 14 and 15) between the catches and the environmental factors, the reconstruction (Figs. 11, 12 and 13) from dynamical relation among the population parameters, and the extrapolation (Figs. 16 and 17) deduced statistically from the correlograms (Figs. 6 and 7) of the secular variations of catch.

1. ま え が き

瀬戸内海の水産資源は，往時とくらべると近年はかなり荒廃していると言われている。漁獲高は減少し，魚体も小さくなり，単位漁獲努力あたりの漁獲量も小になつている。この傾向は特にマダイやクロダイにおいて著しい。これらの事実を調査することは水産資源学上の重大な問題であり，その結果から資源維持の対策を導き出すことは極めて必要なことである。

この報告にて，筆者は先づマダイ漁獲高の永年変化の傾向を分類して，時系列としての性質を調べた。次にそのような性質と傾向が何によつて起つたか調べるために，年令組成或は生残率の変化に漁獲努力がどのように圧力をかけているかを，漁獲率と漁獲努力の函数関係から分析してみた。そしてそれらに成長法則を

1955 年 7 月 22 日受理 （印刷費負担） 東海区水産研究所業績 B 第 216 号

組み合せて，漁獲の長期変動をいくつかの仮定のもとに過去にさかのぼって組立てゝみた。それと実際の漁獲変動を比較して，合理的な適正漁業の状態を推論した。更に漁獲高の変化の中で確率変動と考えられる部分と海況・気象要因との相関についての静的な法則性を明かにした。最後に，以上述べたことの成果を基にして漁況の予測・予報の問題について簡単にふれてみた。

この研究に用いた資料は，年令組成についての資料以外はすべて過去において発表されているものであり，現在の資源研究の目的には副いかねる点も多々あるけれども，出来得る限り活用して資源の動的法則性を引き出そうとしたので，色々の仮定を導入しなければならなかつたが，水産資源論の発展にいささかでも寄与するならば筆者の幸とするところである。

尚，この研究を行うにあたり，旧笠岡分場高森茂樹，浅野淑子及び東海区水研の野島休五の各氏に夫々，資源調査，数値計算及び図表作成の労をわずらわせたことを感謝する。

2. 漁獲高の永年変化の分類

漁獲高の永年変化を調べるのに，瀬戸内海のイワシについて先に筆者が行つたと同じ方法を用いた[1]。即ち農林統計にあらわれたマダイ漁獲高を時系列として分析するのであるが，便宜上大正8年から 14 年までを第Ⅰ期，大正 15 年から昭和8年までを第Ⅱ期，昭和9年から 15 年までを第Ⅲ期，昭和 16 年から 18 年までを第Ⅳ期と分けた。各期の年平均漁獲高を第1表に，又全期間の平均に対する比率 r を第2表に夫々

Table 1. Average yield in 10000 kans.

Prefecture	Period			
	Ⅰ (1918—24)	Ⅱ (1925～33)	Ⅲ (1934～40)	Ⅳ (1941～43)
(1) Osaka	13	8	3	8
(2) Hyogo	175	93	76	114
(3) Wakayama	44	36	41	56
(4) Okayama	50	23	19	15
(5) Hirosima	163	125	136	198
(6) Yamaguti	860	477	375	728
(7) Tokusima	62	44	30	47
(8) Kagawa	113	130	94	106
(9) Ehime	256	227	289	358
(10) Oita	164	178	172	191

Table 2. Ratio of average yield, r, and vector component.*

Prefecture	r in each period				Vector component	
	r_{I}	r_{II}	r_{III}	r_{IV}	α	β
(1) Osaka	1.625	1.000	0.375	1.000	−0.625	−1.250
(2) Hyogo	1.529	0.812	0.664	0.996	−0.717	−0.865
(3) Wakayama	0.995	0.814	0.926	1.265	−0.181	−0.069
(4) Okayama	1.859	0.860	0.711	0.561	−1.009	−1.158
(5) Hirosima	1.048	0.804	0.875	1.273	−0.244	−0.173
(6) Yamaguti	1.410	0.782	0.615	1.194	−0.628	−0.795
(7) Tokusima	1.355	0.962	0.656	1.027	−0.393	−0.699
(8) Kagawa	1.020	1.174	0.849	0.957	+0.154	−0.171
(9) Ehime	0.907	0.804	1.023	1.267	−0.103	+0.116
(10) Oita	0.931	1.010	0.976	1.084	+0.079	+0.045

* $\alpha = r_{\mathrm{II}} - r_{\mathrm{I}}$, $\beta = r_{\mathrm{III}} - r_{\mathrm{I}}$

県別に示す。更に又 $\alpha = r_{\mathrm{II}} - r_{\mathrm{I}}$, $\beta = r_{\mathrm{III}} - r_{\mathrm{I}}$ (但し r_{I}, r_{II}, r_{III}, 及び r_{IV} は夫々各期の比率である) として α, β をも第2表に並記してある。

各府県の漁獲高の変動が同じような傾向のものがあるかどうかを，(α, β) を2次元確率ベクトルと考えて推論する。(α, β) をプロットすれば第1図のようになり，原点がその中に含まれる楕円及び第3象限にある楕円とに限られた2群に分れる。楕円は夫々危険率5％の母平均経過の信頼楕円である。

原点を含む楕円であらわされる第1群は和歌山・香川・広島・愛媛・大分の各県であり，これを第1型と呼ぶ。第3象限にある楕円であらわされる第2群には大阪・兵庫・岡山・山口・徳島の各府県が属し，これを第2型とする。同一型に属する各府県の漁獲高の永年変化は大体同じような時間的変化をたどつたものと考えるのであり，且つ2つの型は時間的経過の様相が異ることが，危険率5％で推論される。これらの型は田内・三善の報告[2]にある各府県の漁獲高相互の豊凶の相関々係と大体において一致している。第1型に属する各県の合計漁獲高の変化を第2図に，第2型のそれを第3図に示す。

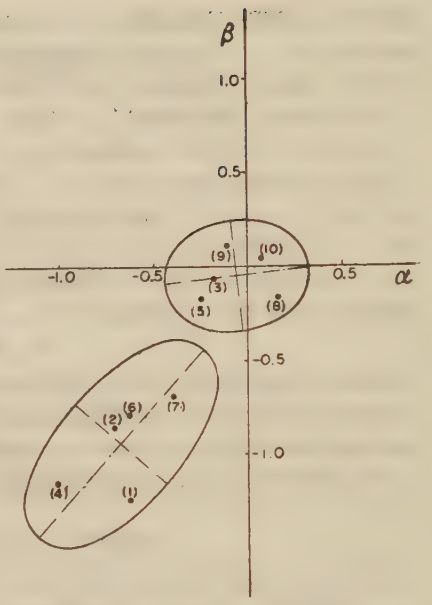


Fig. 1. Confidence ellipses of vector components (α and β) significant at 5%. Parenthesized numbers represent prefectures shown in Table 1 and 2.

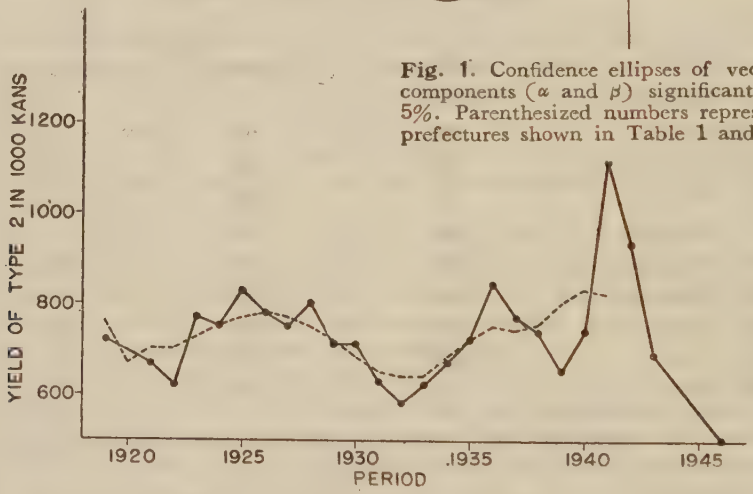


Fig. 2. Variations of yield in type 1. Full line : actual fluctuations. Dotted line : trend obtained by the method of moving average.

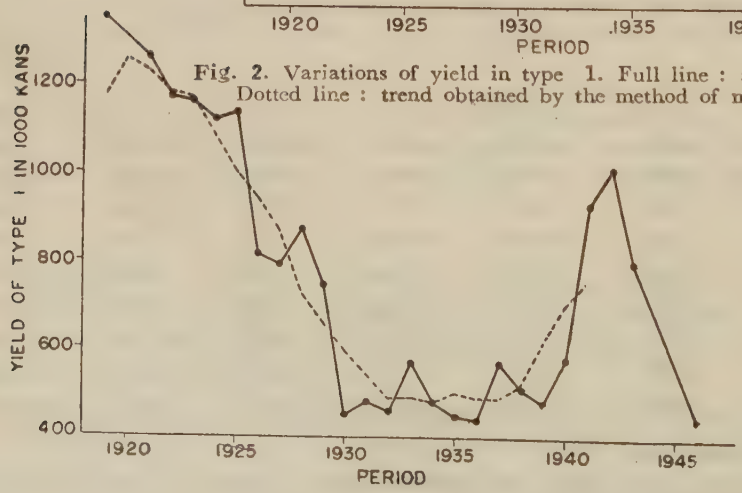


Fig. 3. Variations of yield in type 2. Full line : actual fluctuations. Dotted line : trend obtained by the method of moving average.

3. 長期傾向と時系列相関係数

各型の漁獲高の永年変化から長期傾向を求める一つの方法として5ヶ年の移動平均をとつた。移動平均からの偏差を確率変動と考えることにする。第2図及び第3図の実線は夫々第1型及び第2型の実際の漁獲高変動を，点線は長期傾向 $m(t)$ をあらわす。第15図及び第16図の実線は各型の確率変動 x を夫々あらわしたものである。

このようにして求めた確率変動 x の系列相関係数 r_K を計算すると第4図及び第5図となる。

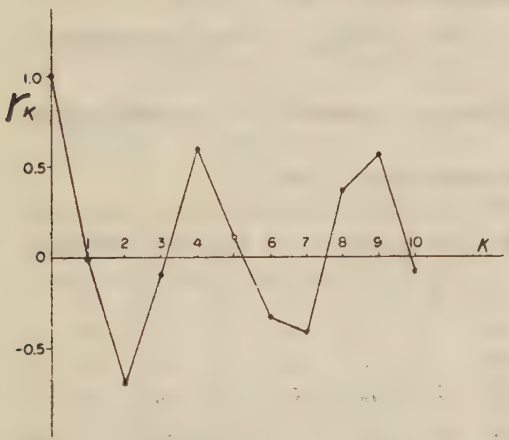


Fig. 4. Corelogram of x, fluctuations of yield in type 1.

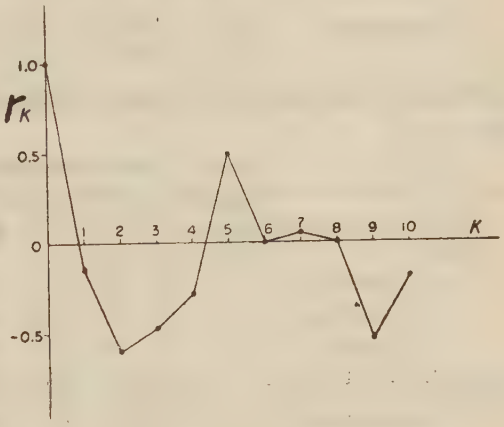


Fig. 5. Corelogram of x, fluctuations of yield in type 2.

第1型においては，長期傾向は 1930 年頃迄は急速に減少し，それ以後は大体横ばいであるが 1941～3 年にわたり豊漁が訪れている。又確率変動 x については，系列相関係数 r_K によれば5年前迄の影響が大きくあらわれて，それ以前の影響は少ないように思われる。第2型においては，長期傾向は急速には減少せず約 10 年の週期で変動している如くに見える。そして確率変動 x も系列相関係数によれば $K\to\infty$ で $r_K\to 0$ に収斂せずに 4～5 年の週期性があるようである。

一般に，長期傾向は，漁具数・漁獲努力等が資源の特性に大きく圧力を及ぼした結果であり，確率変動は，海況や気象等の自然環境要因によつておこると考えられる。

4. 年令組成の変化

漁況の変動を支配する原因を探るには年令組成の変化によつて検討するのがよいことは言をまたない。王[3]によれば 1936～37 年の調査で生残率は約 0.82 である。筆者等は 1949 年6月に尾道において各種漁法で獲れたマダイについて調査した。年令査定の結果を漁法別に（a. 飼付漁場一本釣，b. 吾智網，c. 延縄1)

Table 3. Age compositions by gear at Onomiti in 1949.

Gear \ Age	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XV
a. Angling	1	2	12	8	3	1	1	1					
b. Goti-ami (a kind of surrounding net)	0	4	24	18	13	7	3	3		2			1
c. Long-line(1)	0	3	9	8	12	7	4	2	3	1		1	
d. Long-line(2)	0	4	10	8	8	3	4	2					
e. Total	1	13	55	42	36	18	12	8	3	3		1	1
Mean weight g.	70	289	389	503	693	1008	1007	1311	1500	2363		2500	5500

d. 延網(2)〕第3表に示す。尚，年令査定の方法は，鱗の引伸写真をとつて輪紋数[3)4)5)]を読んだものである。

これらの組成を x^2-test によつて同一分布に従つていると考えてよいか否かを検定すると，いづれも危険率5%で同一百分率の分布と推測される。それで各漁法を合計したものの年令組成は第3表の e. である。これより生残率を求めると第4表になる。

Table 4. Estimataon of survival rate at Onomiti.

Station	Estimated survival rate	Confidence interval significant at the 5% level	Mothod of estimation
Onomiti	0.64	0.69——0.60	Mean value of age[2)]
	0.68	0.75——0.50	Regression[3)]

1949 年9月，松山近海において一本釣によつて漁獲されたマダイの調査をしたが，その結果は第5表の通りである。

Table 5. Age compositions at Matuyama in 1949.

Gear \ Age	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
a. Angling (1)	0	4	5	26	11	4	4	2	0	1
b. Angling (2)	1	9	12	5	3	0	0	0	0	0
c. Angling (3)	0	15	14	8	5	4	1	2	0	0
d. Total	1	28	31	39	19	8	5	4	0	1
Mean weight (g.)	19	75	202	255	394	742	910	1060		1686

生残率は第6表のようになる。

Table 6. Estimation of survival rate at Matuyama.

Station	Estimated survival rate	Confidence interval significant at the 5% level	Method of estimation
Matuyama	0.64	0.73——0.59	Mean value of age
	0.61	0.75——0.50	Regression

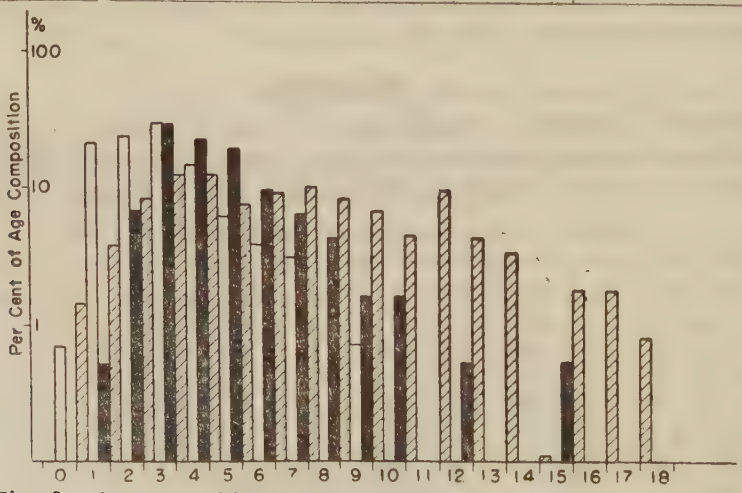


Fig. 6. Age compositions, expressed in logarithm of percentages.
▨ : at Hirosima in 1936–7
□ : at Matuyama in 1949.
▩ : at Onomiti in 1949.

以上をまとめると生残率は約 0.64 と推定される。第6図は王によつて測定された資料[3)]（生残率は約

0.82）と尾道及び松山の年令組成とを比べてみたものである。即ち約 10 年間に生残率は 0.82 から 0.64 と，かなり急速に減少しているから，高年魚の消滅の著しいことがみとめられる。最多年令は 3，4，5，才魚であつて，これには大した変化は見られない。つまりマダイでは，打瀬網類などの特殊漁業を除けばこの年令迄はあまり漁獲の対象とならないことが分る。この点から考えると，適当な量の稚魚の温存は瀬戸内海におけるマダイ漁業の増殖と増産に必要なことが推察される。

5. 漁獲率と自然死亡率

次に資源特性をあらわす年間漁獲死亡率 f と年間自然死亡率 m について考察してみよう。生残率 ρ は

$$\rho=(1-m)(1-f)$$

の基本的関係式によつてあたえられる。ここで2つの仮定を導入する。即ち m は不変であり，且つ漁獲率 f と漁獲努力数 X が次式を満たすものとする。

$$1-f=e^{-\mu X} \qquad \mu \text{ 常数}$$

この場合には ρ と X の変化がわかれば，m 及び f は数値的計算で求め得る。

漁獲努力数 X を何によつて定めるかは困難な問題であるが，ここでは農林統計表の漁船数に比例するものと考えた。第7表及び第8表はその計算結果である。尚，漁獲利用率[10] F は

$$F=(1-\rho)\frac{f}{m+f}$$

で求められる。

1) 5トン未満の漁船隻数が漁獲努力数 X に比例する場合の自然死亡率 m，漁獲死亡率 f，及び漁獲利用率 F（第7表）

Table 7. Estimation of population parameters* when number of 0～5 tons vessels is adopted as fishing effort.

Period	Hirosima $m=0.17$ $\mu=1.05\times10^{-4}$			Okayama $m=0.17$ $\mu=1.1\times10^{-4}$			Ehime $m=0.17$ $\mu=0.76\times10^{-4}$		
	f	ρ	F	f	ρ	F	f	ρ	F
1928	0.01	0.82	0.01	0.02	0.82	0.01	0.01	0.82	0.01
1929	2	81	2	4	80	4	2	81	2
1930	4	80	4	7	78	6	4	80	3
1931	6	78	5	11	75	10	6	78	5
1932	8	76	8	13	73	12	7	77	7
1933	10	75	9	17	69	16	8	76	8
1934	11	74	9	19	68	17	9	76	9
1935	14	71	13	19	67	18	10	75	10
1936	17	69	16	20	67	18	12	73	11
1937	19	67	17	22	65	20	15	71	13
1938	19	67	18	21	66	19	17	69	16
1939	21	65	19	23	65	20	19	68	17
1940	23	64	20	23	64	21	20	66	19
1941	22	64	20	23	64	21	23	64	21
1942	22	68	20	24	64	21	23	64	21
1943	23	64	21	23	64	21	23	64	21
1944	23	64	21	23	64	21	23	64	21
1945	23	64	21	23	64	21	23	64	21
1946	23	64	21	23	64	21	23	64	21
1947	23	64	21	23	64	21	23	64	21
1948	23	64	21	23	64	21	23	64	21

* m : Natural mortality rate
f : Fishing mortality rate
ρ : Survival rate
F : Rate of exploitation

2) 5～10 トン漁船の隻数が漁獲努力数 X に比例する場合の自然死亡率 m，漁獲死亡率 f，及び漁獲利用率 F.（第8表）

Table 8. Estimation of population when number of 5～10 tons vessels is adopted as fishing effort.

Period	Hirosima $m=0.11$ $\mu=2.1\times10^{-3}$			Okayama $m=0.16$ $\mu=2.5\times10^{-3}$			Ehime $m=0.11$ $\mu=1.4\times10^{-3}$		
	f	ρ	F	f	ρ	F	f	ρ	F
1923	0.09	0.81	0.08	0.03	0.81	0.03	0.08	0.83	0.07
1929	7	82	7	2	83	2	9	81	8
1930	8	82	7	2	82	2	8	82	8
1931	8	82	7	2	82	2	7	83	7
1932	7	83	7	3	82	3	10	80	10
1933	10	80	10	4	81	4	9	82	8
1934	11	80	10	4	80	4	8	82	8
1935	12	78	11	5	79	5	7	83	7
1936	14	77	13	5	80	5	6	84	5
1937	19	73	17	4	81	4	11	80	10
1938	11	80	10	1	74	1	12	79	11
1939	11	79	10	2	83	2	13	78	12
1340	8	82	7	2	87	1	13	78	12
1941	11	79	11	7	78	7	37	57	34
1942	14	76	13	17	70	16	29	64	26
1943	28	64	26	24	65	20	26	66	24
1944	28	64	26	24	65	20	26	66	24
1945	23	64	26	24	65	20	26	66	24
1946	28	64	26	24	65	20	26	66	24
1947	28	64	26	24	65	20	26	66	24
1948	28	64	26	24	65	20	26	66	24

See footnote in Table 7 for notations

尚，1944 年以降は漁船数の調査資料が不明なので 1943 年のを用いてある。

6. 成　長　曲　線

1949 年の尾道及び松山における調査において，年令別平均体重は第3表及び第5表に示してあるが，年令一体重関係を図示すれば，第7図及び第8図となる。但し体重を対数目盛でプロットしたのが第8図である。

生物の成長法則については種々の議論があるけれども，ここではある年令範囲しか考えないこと，及び後で適正漁業を尾数でなく重量で推定する場合に計算上便宜であることの理由によって，a. 年間成長量が一定とした場合及び b. 年間成長率が一定である場合について近似的な成長曲線を求めてみた。

1) 尾道における調査

x 才魚の体重（g.）を $w(x)$ とすれば

a. 年間成長量が一定の場合　$w(x)=-158+177x$

b. 年間成長率が一定の場合　$w(x)=180\,e^{0.26x}$

2) 松山における調査

a. 年間成長量が一定の場合　$w(x)=-242+182\,x$

b. 年間成長率が一定の場合　$w(x)=83\,e^{0.40x}$　(x : 2～6)

$w(x)=316\,e^{0.13x}$　(x : 5～9)

第7図及び第8図の実線及び点線は夫々尾道及び松山の成長曲線である。若年魚では，尾道に比べて松山の方が成長が鈍いように思われるが，高年魚になると殆んど同じであつて，両者の区別は出来ない。既往に測定された資料[5,6]と比較してみると，燧灘産よりはるかに劣り，広島群と名付けられているものと同じで

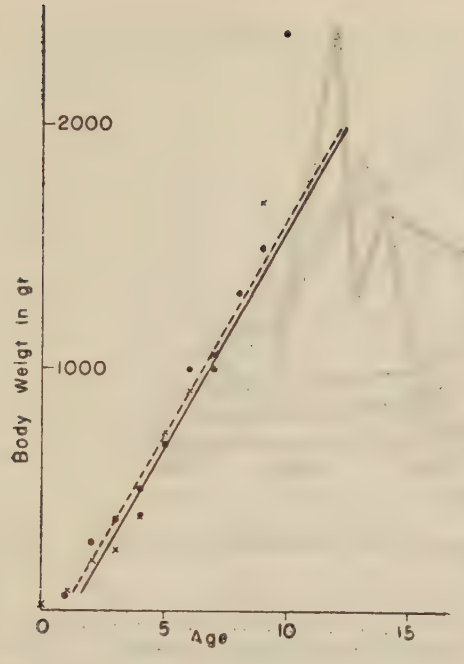


Fig. 7. Growth curves.
Circles and full line : at Onomiti.
Crosses and dotted line : at Matuyama.

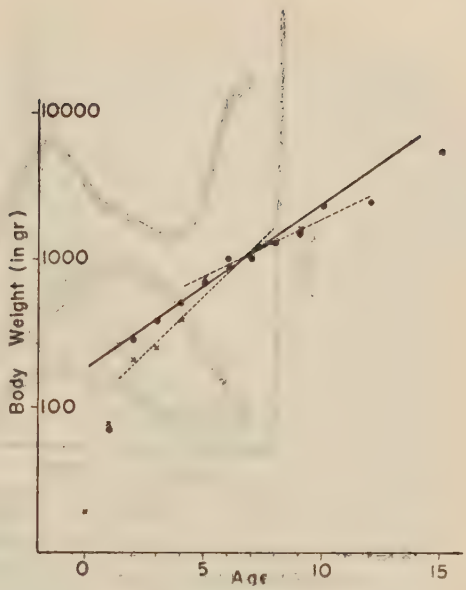


Fig. 8. Growth curves expressed in logarithmic scale.
Circles and full line : at Onomiti.
Crosses and dotted line : at Matuyama.

ある。成長率は良好とは言えないようである。

7. 漁獲高変動の理論的再構成

生残率の測定値と漁獲努力数（漁船数）の資料より漁獲率・自然死亡率等の変化が推定され，又成長曲線も判明したので t 年における理論的漁獲高 $C(t)$ は次式により計算され，漁獲高変動が再構成[9]される。

$$C_{(t)}=F_{(t)}\sum_{x}R_{(t-x)}\rho_{(t-x)}\rho_{(t-x+1)}\cdots\cdots\rho_{(t-1)}\omega(x)$$

$R_{(t)}$, $F_{(t)}$, $\rho_{(t)}$ は t—年における新加入資源量，漁獲利用率，生残率であり $\omega(x)$ は x 才魚の体重である。

この場合 recruitment $R_{(t)}$ が問題であるが，これが一定の場合並に漁獲努力数（X）と逆指数函数的関係にある場合とに分けて吟味してみたい。前者は産卵数が極めて多くて，親魚の数とは関係なく稚魚が発生すると考えた場合であり，後者は漁獲努力数の圧力をうける親魚の数によつて稚魚が影響される場合と考えられる。更に漁獲努力数としては，前述した如くに 0～5 トン漁船数に比例する場合と 5～10トン漁船数に比例する場合とあるので，これらの組合せは 4 通りある。

かくして求めた広島，岡山及び愛媛各県の理論的漁獲高の相対的変動傾向を第 9 図，第 10 図及び第 11 図に示す。尚，$\omega(x)$ としては回帰式でなくて測定された平均体重を用いて計算したものである。
太い実線は実際の漁獲高の永年変化であるが，その他の線は夫々次の場合の理論的漁獲高 $C_{(t)}$ の相対的な永年変化である。

細い実線：$R_{(t)}\propto e^{-\beta X}$，　X=5～10 トン漁船数
鎖　　線：$R_{(t)}$ 一定，　X=5～10 トン漁船数
破　　線：$R_{(t)}\propto e^{-\beta X}$，　X=0～5 トン漁船数
点　　線：$R_{(t)}$ 一定，　X=0～5 トン漁船数

これらを比較してみると，$R_{(t)}$ の如何にかかわらず，X として 5～10 トン漁船数を用いた場合に，実際の漁獲高変動と傾向がよく一致していることが認められる。即ち漁況は主として漁獲努力によつて大きく支

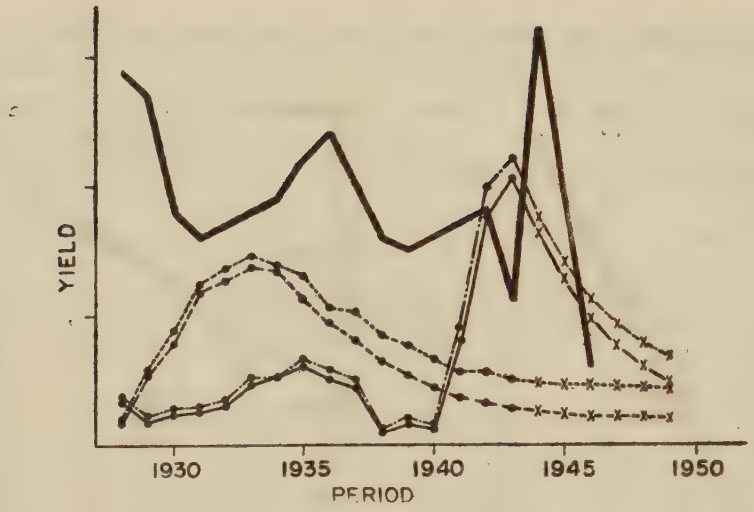


Fig. 9. Actual and reconstructed variations of yield in Okayama Prefecture. (Regardless of scale of ordinate)

Thick full line : actual yield.

Fine full line : reconstructed yield when recruitment is counter-exponential to fishing effort which is proportional to number of 5—10 tons vessels.

Chain line : reconstructed yield when recruitment is stationary and fishing effort is proportional to number of 5—10 tons vessels.

Broken line : reconstructed yield when recruitment is counter-exponential to fishing effort which is proportional to number of 0—5 tons vessels.

Dotted line : reconstructed yield when recruitment is stationary and fishing effort is proportional to number of 0—5 tons vessels.

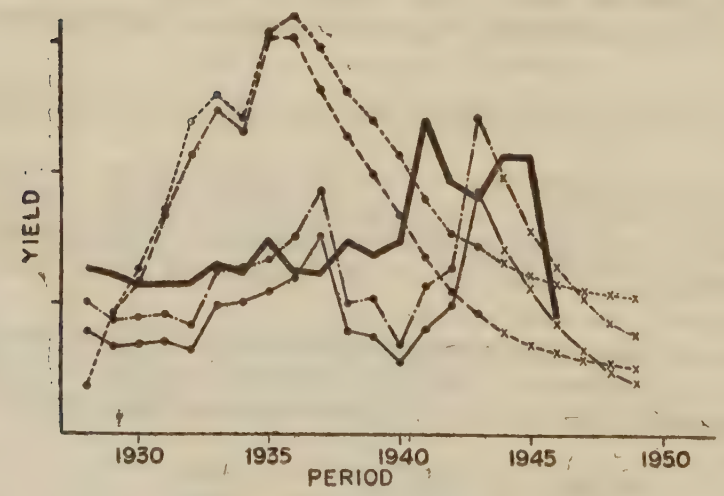


Fig. 10. Actual and reconstructed variations of yield in Hirosima Prefecture. See explanations in Fig. 9 for legend.

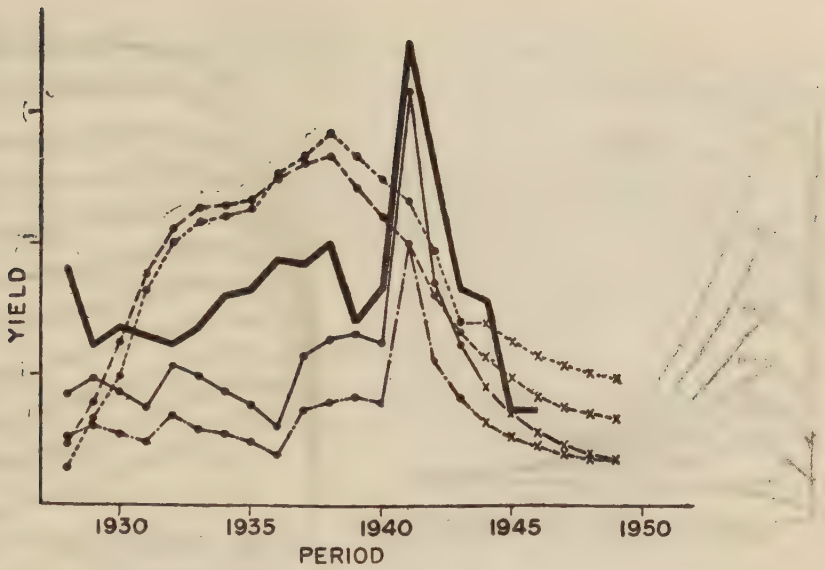


Fig. 11. Actual and reconstructed variations of yield in Ehime Prefecture. See explanations in Fig. 9 for legend.

配されていて，稚魚発生数等の漁況に及ぼす影響は小さいと推察し得る。1944 年以降は漁船数の資料がないので 1943 年の値を用いて外挿したものである。

8. 適正漁獲についての考察

以上述べてきたことによつて，自然死亡率（m），と成長率（$\omega(x)$）がわかつたので，資源を減少せしめずして漁獲高（C）を最大にする漁獲率（f）を求めることが出来る。勿論稚魚の発生法則（$R_{(t)}$）を考慮しなければならぬが，R は一定とみなして差支えないことが推定されたので，ここでは R は定常的であるとして適正漁業の問題についてふれてみたい。

年間の成長率が一定の場合には

$$C \propto \sum_x F \rho^x e^{\alpha x}$$

であり，年間成長量が一定の場合には

$$C \propto \sum_x F \rho^x (a+x)$$

としてあらわされる。

これを $C-f$ 関係図としてあらわした例が第 12 図及び第 13 図である。

m と成長をあらわす parameter（α 又は a）を知れば $C-f$ 関係図がえがかれて，C を最大にする f_0 を求めることが出来る。或は $C-f$ 関係図より，$f_0-\alpha$ 関係図又は f_0-a 関係図を求めておいて，m と α 又は a より f_0 を求めてもよい。このようにして適正漁獲率 f_0 等を推定した結果は次のようになる。

A：成長曲線が指数函数的とした場合

1) 漁獲努力数が 0～5 トン漁船数に比例するとした場合（第 9 表）

Table 9. Estimation of optimum fishing rate when growth curve is exponential and fishing effort is proportial to number of 0～5 tons vessels.

Prefecture	Natural mortality rate	Present fishing rate	Optimum fishing rate	Number of vessel	Optimum number of vessel
Okayama	0.17	0.23	0.25	2411	2620
Hirosima	0.17	0.23	0.25	2463	2740
Ehime	0.17	0.23	0.25	3457	3800

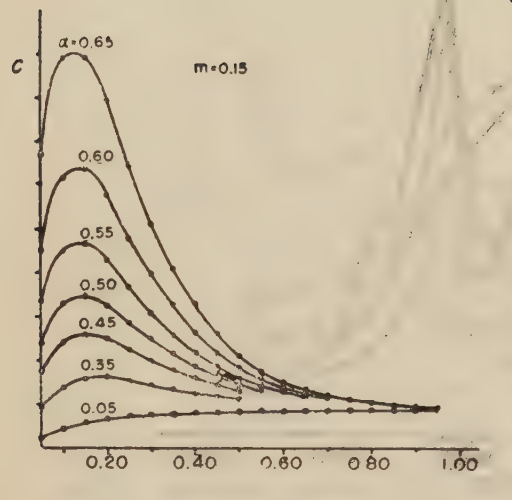


Fig 12. C–f diagram when growth curve of body weight is exponential.
C (catch) is calculated by f (fishing mortality rate), m (natural mortality rate) and α (coefficient of exponential growth curve).

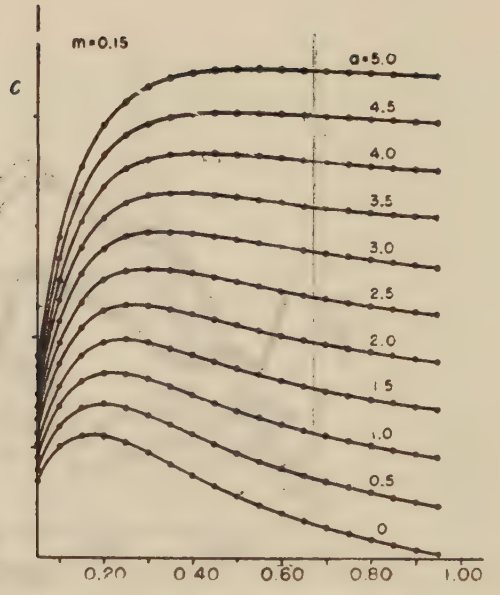


Fig. 13. C–f diagram when growth curve of body weight is linear.
C is calculated by f, m and α (coefficient of linear growth curve). See explanations in Fig. 12 for notations.

2) 漁獲努力数が 5～10 トン漁船数に比例するとした場合（第 10 表）

Table 10. Estimation of optimum fishing rate when growth curve is exponential and fishing effort is proportial to number of 5～10 tons vessels.

Prefecture	Natural mortality rate	Present fishing rate	Optimum fishing rate	Number of vessel	Optimum number of vessel
Okayama	0.16	0.24	0.23	111	106
Hirosima	0.11	0.28	0.20	156	106
Ehime	0.11	0.26	0.20	232	155

B ： 成長曲線が直線的とした場合

1) 漁獲努力数が 0～5 トン漁船数に比例するとした場合（第 11 表）

Table 11. Estimation of optimum fishing rate when growth curve is linear and fishing effort is proportial to number of 0～5 tons vessels.

Prefecture	Natural mortality rate	Present fishing rate	Optimum fishing rate	Number of vessel	Optimum number of vessel
Okayama	0.17	0.23	0.31	2411	3380
Hirosima	0.17	0.23	0.31	2463	3520
Ehime	0.17	0.23	0.28	3457	4330

2) 漁獲努力数が 5～10 トン漁船数に比例するとした場合（第 12 表）

Table 12. Estimation of optimum fishing rate when growth curve is linear and fishing effort is proportial to number of 5～10 tons vessels.

Prefecture	Natural mortality rate	Present fishing rate	Optimum fishing rate	Number of vessel	Optimum number of vessel
Okayama	0.16	0.24	0.29	111	139
Hirosima	0.11	0.28	0.25	156	137
Ehime	0.11	0.26	0.23	232	182

ここでも漁獲努力数としては 5～10 トン漁船数を採用した方が合理的であるように思われる。尚，5～10 トン漁船数が直接に漁獲努力になるとは考えられず，これに比例する何らかの漁業条件が漁獲努力になるのであらう。

考慮した期間（1936－1949）においては，漁獲高は急激な変化はないが，第7表及び第8表によれば漁獲利用率は約2倍になつている。故に資源量は約1/2に減つたと考えられる。資源量が減少したにもかかわらず，漁獲高がそれほど減少していないと言うことは，漁獲努力が年々増大したからである。1944 年以降を 1943 年と同じ漁獲努力とした場合の理論的漁獲高の変化は，第 11 図，第 12 図及び第 13 図に示されているように，ある平衡漁獲高に収斂する。そしてこの平衡漁獲高は，overfishing であるから 1943 年の漁獲高に比べて小さくなる。

9. 環境要因と漁況の相関

漁況と海況或は気象要因との相関を，瀬戸内海におけるイワシの漁況について行つた方法[11]にならつて求めてみた。即ち水温については，各地の水温の年変化の pattern を次の parameter によつてあらわし，これらの parameter と漁況との相関を計算した。

$$T=T_0+C\sin\frac{2\pi}{12}(t+\alpha)$$

T : 月平均水温
T_0: 年平均水温
C : 水温変化の巾
α : 位相の時間的ずれ
t : 時間（単位月）

1) 第1型（大阪，兵庫，岡山，徳島，山口各府県）の確率変動 x と環境要因との相関は第13表のようになる。

Table 13. Correlation of x, fluctuations of yield in Type 1, to environments.

Station	Factor	Coefficient of correlation	Size	Confidence interval, significant at 90%
Yasima	C*	−0.71	8	−0.90～−0.15
Sionomisaki	C	−0.52	12	−0.79～−0.02
Okayama	Rainfall of October (A year before)	−0.40	20	−0.67～−0.03
	Rainfall of March (Tow years before)	0.54	19	0.21～ 0.75

* C is the amplitude of annual variation of sea water temperature.

2) 第2型（和歌山，広島，香川，愛媛，大分）の長期傾向 m と環境要因との相関は第14表のようになる。

Table 14. Correlation of m, secular trend of yield in type 2, to environments.

Station	Factor	Coefficient of correlation	Size	Confidence interval, significant at 90%
Sionomisaki	T_0*	−0.72	12	−0.88～−0.31

* T_0 is the mean of annual sea water temperature.

3) 第2型の x と環境要因との相関は第 15 表のようになる。

Table 15. Correlation of x, fluctuations of yield in type 2, to environments.

Station	Factor	Coefficient of correlation	Size	Confidence interval, significant at 90%
Yasima	C (Two years before)	0.75	6	0.94～ 0.05
Okayama	Rainfall of Jamuary (A year before)	−0.55	19	−0.76～−0.21

See footnote in Table 13 for notation.

尚，塩分については，いづれの型にも大きな相関を示すものは認められなかつた。

10. 漁況の予報について

漁況の予報或は漁獲高の外挿の問題については，現在の予報方法の研究の段階では，正確を期すことは難しい。更に予報方法の基礎となる必要な統計資料も又不完全であればなおさらである。前節までに述べたことをもとにして，瀬戸内海のタイの漁況の予知についての方法論は次の三方法になると思う。

A　環境要因との相関によつて漁況を推測する。

海況とか気象の要因中には，前節に述べたように漁況との相関がみとめられるものがあるから，これによつて漁況の予測がなし得る。例えば第1型の x は岡山の2年前の3月の雨量と正の相関があるから，ある年の3月の岡山の雨量が多ければ2年後は豊漁である確率は大きい。第 14 図にこの関係を示す。又第2型の m は，潮岬の年平均水温と逆相関がみとめられるから，潮岬の年平均水温が高い年には第2型の各県にては不漁になるだろうと推測し得る。

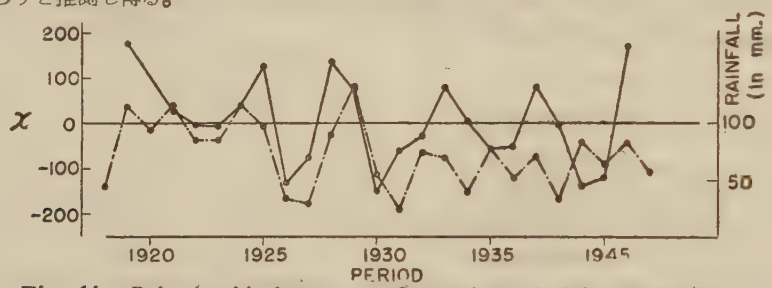


Fig. 14. Rel ationship between x, fluctuations of yield in type 1, and rainfall of march at Okayama two years before.
Coefficient of correlation is 0.54.
Full line : x
Chain line : rainfall.

B　漁獲努力数との函数関係によつて漁獲高を推定する。

漁況の長期傾向のように，漁獲努力の影響を大にうける場合には，漁獲努力数，漁獲率，成長法則等の資源特性と漁獲高との力学的関係によつて漁獲高を構成することが出来る。この結果は第9図，第 10 図及び第 11 図でみとめられるように適当な仮定のもとでは実際の傾向とよく一致する。この方法で正確に予報するためには，漁獲努力数の適確な把握が必要である。

C　自己相関によつて外挿する。

現象を支配する法則が不明な場合に，その統計的性質を用いて外挿する方法である。定常時系列と考えられるならば，自己相関係数を用いて外挿[11]する。t 年の漁獲高の確率変数を x_t とすれば，K 年後の x_{t+K} は次式で推定する。

$$x_{t+K} = -a_1 x_{t+K-1} - a_2 x_{t+K-2} - \cdots\cdots - a_n x_{t-n+K}$$

こゝに $(a_1, a_2, \cdots\cdots a_n)$ は自己相関係数 r_K より求め得る常数である。第 15 図及び第 16 図は夫々第1型及び第2型を外挿したものである。実線は実際の漁獲の変動を，点線は外挿値をあらわす。斜線部は確率約 70 % の信頼域を示す。

11. む　す　び

水産資源の変動の様相を説明するのに，その特性の相互関係に注目することが問題を解く一つのそこで最も有効な方法であり，資源調査の主目的である。特性とは漁獲努力，自然死亡率，漁獲死亡率，成長率，生残率等であつて，これらが相互に影響を及ぼし合つて，それらの相互関係の綜合された結果として資源量や漁獲高が決定される。

普通には，特性値は直接には測定の困難なものが多い。さて過去の記録においては，漁獲努力の結果としての漁獲高の資料は（たとえそれの精度は不正確或は不明であつても）整つているが，その他の特性についてはなんらの情報もあたえないのが常である。数学的表現をかりるならば，積分された結果（漁獲高）はわ

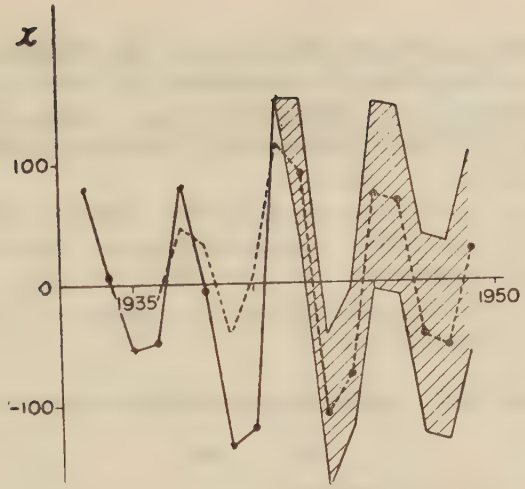


Fig. 15. Actual and predicted fluctuations of yield in type 1.
Full line : x, actual fluctuations.
Dotted line : Predicted values obtained by extrapolation from corelogram
Shaded parts : confidence intervals of about 70%.

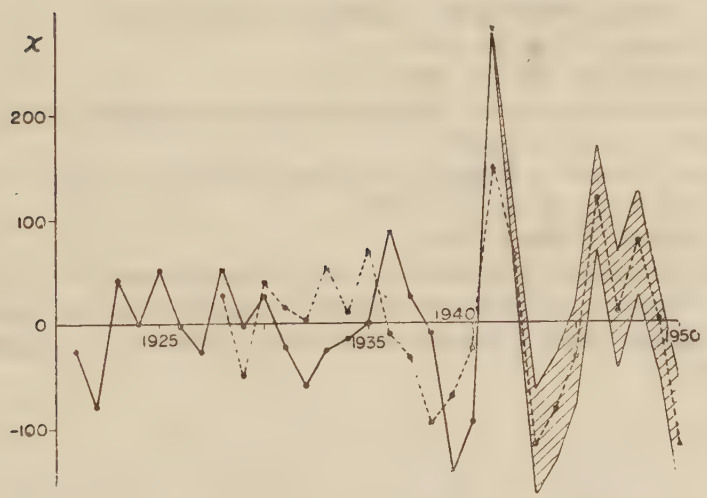


Fig. 16. Actual and predicted fluctuations of yield in type 2.
See explanations in Fig. 15 for legend.

かつているが，その被積分函数（特性及び力学的相互関係）が未知である。この考えのもとに漁獲高の変化を分析[12)13)]しても，自然死亡と漁獲死亡を分離することの宿命的困難性につきあたる。

さて瀬戸内海のタイ漁業については漁獲高と漁船数の統計及び 1937 年の生残率の資料[3)]があるが，これだけでは上述の目的に副う特性値を得て力学的分析を行うことは不可能なので，1949年に筆者等が調査を行つて資料を補足してこの報告をまとめた。

先づ過去の漁獲高変動には，2つの型があることを明かにし，各型のうちから代表的な3県について夫々特性値を求めた。特に漁獲死亡率を支配し，且つ漁獲変動に最も影響をあたえる漁獲努力数については，trial and error 方式によつて 5～10 トン漁船数を採用するのが適当であると推論される。漁獲利用率の変化から，約 10 年間に資源量は約半分になつたと想像される。漁獲努力の増加にもかかわらず漁獲高はそ

れほど増加していない状態にある。即ち濫獲と想像されるので、適正な漁船数についても推論した。適当な漁船の制限によつて約 1～2 割の漁獲高の増加で平衡漁業を行うことが出来ることが C—f 関係図から求められる。最後に漁況予報の問題にふれて，自然環境要因との Static な相関々係による方法，漁獲努力数との dynamic な函数関係を用いる方法，及び時系列とみなして統計的に自己相関によつて求める方法によつて予報がなし得ることを説明した。

この研究は 1949 年にまとめたものであるので，その後の新しい資料による再検討及び統計的式は生物学的ないくつかの仮定を導入したがその可否について大いに論議のあるところである。しかもあえてこの報告をまとめたのは，多額の費用と長期間を費して得た正確で系統的な資料を基にして資源を分析する方法ではなくても，不正確ではあろうがつみ上げられた過去の資料からの推論によつて，資源の真実の様相の把握へ向つて一歩でも近づきたいと考えたからである。

終りに，種々有益な御批評を賜つた東海区水産研究所栗田晋技官に深く感謝する。

文　　献

1) 土井長之：日水会誌，**16**，132～136 (1950).
2) 田内森三郎，三善清旭："瀬戸内海に於ける鯛の漁況"，日水会誌，**7**，147～148 (1938).
3) 王貽観："瀬戸内海に於けるマダヒの Stock に関する一二の知見"，日水会誌，**6**，157～178(1937)
4) 海老名謙一："真鯛の成長に就て" 日水会誌，**4**，411～414 (1936).
5) ——：："真鯛の系統に関する研究"，日水会誌，**6**，179～181 (1937).
6) ——：："真鯛群の系統的研究. Ⅲ"，日水会誌，**8**，295～297 (1940).
7) 土井長之：日水会誌，**14**，[illegible]～104 (1948).
8) ——：日水会誌，**15**，301～305 (1949).
9) W.E. Thompson and F.H. Bell："Biological Statistics of the Pacific Halibut Fishery", Rep. Intern. Fish. Comm., **8**, (1934).
10) W.E. Ricker："Methods of Estimating Vital Statistics of Fish Populations", Indiana Univ. Publ., Sci. Series. **15**, pp. 2—5 (1948).
11) 土井長之：日水会誌，**21**，82～87 (1955).
12) T. Doi："A Mathematical Consideration on the Analysis of Annual Yield and its Application to "BURI" (*Seriola quiuqueradiata*)"，日水会誌，**15**，661～664 (1949).
13) 藤田　博："回游魚の漁獲高より其の稚魚の発生量を推定する方法について"，日水会誌，**16**，271～274 (1950).

産卵総量の推定—I.
垂直曳による推定法及びその問題点

田中昌一
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻 第六号 別刷
昭和三十年十月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 6, October, 1955

産卵総量の推定—I.
垂直曳による推定法及びその問題点

田中昌一
（東海区水産研究所）

Estimation of the Abundance of the Eggs of Fish such as Sardine—I. Method of Estimation by the Vertical Haul of Plankton Net

Syoiti TANAKA

1) A method to estimate the abundance of pelagic eggs is considered in reference to vertical haul of plankton net, from the stand point of sampling survey. The formulae for the estimation of the abundance of fish eggs and for the sampling variances of the estimates are shown in regard to the following two procedures of the sampling of observation points (stations and times); a) random sampling from all spawning grounds and spawning seasons (formulae (5) and (6)), b) random sampling from each stratum which is divided, for instance, by region and month (formulae (8) and (9)).

2) Some problems concerned in the method are briefly discussed. The random sampling of observation points essential for statistical estimation, is hardly possible in practice. Then, devising of another sampling procedure which satisfies the randomness to a certain extent and is available to be carried out on the open sea, is a pressing problem at the present. It is desirous to investigate the ecology of spawning of fish in order to obtain relevant informations, by which we could devise the procedure such as a cruising schedule.

It is necessary to estimate accurately the incubation time and the mortality rate of fish eggs, otherwise, some systematic errors may occur in the result and it can not be measured by the sampling variance.

Some studies from the physical and statistical points of view, to improve the techniques of vertical haul and the structure of plankton net and to estimate the error of vertical haul, are important.

I. まえがき

産卵量を推定することは，いろいろな意味で重要である。しかし，産卵場が空間的に広大なひろがりをもっているばかりでなく，時間的な変化（たえず産卵され，又孵化しつつあること。海流によって他の空間に輸送されること等）も加わって，その推定を著しく困難にしている。

これまでに産卵総量を推定した例としては，SETTE & AHLSTROM[7]の Pacific pilchard の場合，これと同じような考えにもとづく中井等[5]のマイワシの例がある。一方，山中，田中[11]は産卵量と卵分布量との間に

$$F(\xi,\tau)=\int A_t\int_{-\infty}^{\tau} f(\xi-x,\tau-t)e^{-m(\tau-t)}S(x,t)dt\,dx \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

なる関係を考えている。* $F(\xi,\tau)$ を観測することによって，この方程式を解いて産卵量 $S(x,t)$ を求めることができるが容易ではない。

1955年8月23日受理（印刷費負担）東海区水産研究所業績 B 第219号

* すなわち $x+dx$ までの微小面積中で，t から $t+dt$ の間に $S(x,t)\,dtdx$ だけ産卵され，これ等の卵が τ なる時刻には $e^{-m(\tau-t)}$ だけ生残っており，又 $f(\xi-x,\tau-t)$ だけ x から ξ に流されるものとすると，これ等を加え合せて全産卵場 A_t 及び τ 以前のすべての時間について積分することによって，(ξ,τ) における卵分布量 $F(\xi,\tau)$ が得られる。

今我々の目的は，$S(x,t)$ ではなく，これを全空間，全時間で積分した産卵総量 S を知ることであるとするならば，必ずしも（1）式を解かなくてもよい。より単純な考えにもとづいて，標本調査の立場から S を直接推定することができる。

これからいくつかの仮定のもとに導く S の推定式は，近似的に，中井等の用いた式に一致する。この推定式が S を推定するための唯一の式でないことは勿論であつて，これをもとにして，種々の調査設計に対応してそれぞれの推定式を得ることができる。問題は推定の公式よりはむしろそれ等の推定式すべてに通じて基礎になつているいくつかの仮定にある。二三の問題について若干の吟味を試みた。

この研究を行うにあたり，いろいろと御指導をいただいた当研究所資源数理科長栗田晋氏に心から御礼申しあげる。

Ⅱ. 産卵総量の推定

卵の分布は空間と時間を組合せた4次元空間で考えなければならないが，もし観測方法としてプランクトンネットの垂直曳を行うものとし*，これによつて完全に円柱状の水を濾過することができるとすれば，卵の分布の上下についてはこれを無視し，地球の表面を2次元的にみることができる。

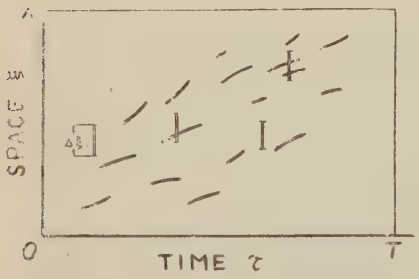


Fig. 1 Distribution of the eggs in space (sea surface) and time——ξ—τ plane. Short curved lines are the loci of the eggs which move on the ξ—τ plane, and vertical segments indicate the vertical hauls of plankton net with an opening of $\Delta\xi$. When the vertical segment and the locus of a egg intesect, the egg would be collected by the haul. OA and OT are the extents of the space and the time respectively in which the eggs are distributed.

図示する都合から空間を1次元であらわし，これを ξ とし，又時間を τ であらわして ξ—τ 平面上で考えると，卵の分布は Fig. 1 のようになるであろう。図中曲つた短い曲線は卵が ξ—τ 平面上を動いた軌跡をあらわしている。OA，OT 及びこれ等に平行な直線でかこまれた矩形の部分が卵の分布している全領域であつて，A 及び T でそれぞれ卵の分布する空間及び時間のひろがりをあらわす。垂直曳によつて円柱状の空間を濾過するということを Fig. 1 上で考えると，濾水面積を $\Delta\xi$ であらわし，又垂直曳を行うに要する時間が充分に短いとして，τ 軸に垂直で長さ $\Delta\xi$ なる線分を ξ—τ 平面上に置くことに相当する。採集される卵数とは ξ—τ 平面上で線分 $\Delta\xi$ が卵の軌跡と交る回数にほかならない。$\Delta\xi$ の中心を P であらわすと，$\Delta\xi$ がある卵 u の軌跡と交わるには，P が卵の軌跡の上下にそれぞれ $\Delta\xi/2$ の巾をつけた帯状の領域内におちればよい。この帯状領域の面積は，卵の存在する時間（産卵されてから孵化又は死ぬまでの時間）を d_u であらわすと，軌跡の形にかかわらず $d_u\Delta\xi$ となつている（Fig. 2）。

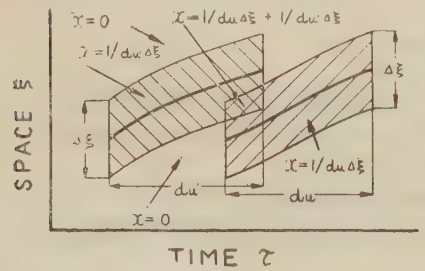


Fig. 2 Definition of the variable $x(\xi,\tau)$ on the ξ—τ plane. Heavy curved lines are the loci of the eggs. If the point P, the centre of the opening of net, falls into a shaded part attached to the locus of egg, u, which has the duration of d_u, the egg would be collected and $x=1/(d_u\Delta\xi)$ would be observed by the haul.

ここである変数 $x_u(\xi,\tau)$ を考え，これを次のように定義する。

$x_u(\xi,\tau)=1/d_u\Delta\xi$ （P が卵 u のまわりにつけた帯状領域中にある時）。

$x_u(\xi,\tau)=0$ （P が上記帯状領域外にある時）。

この様に定義すると，x 軸を ξ—τ 平面に垂直に立てた時，平面 x_u と ξ—τ 平面でかこまれる部分の体積は

$$x_u d_u \Delta\xi = \frac{d_u \Delta\xi}{d_u \Delta\xi} = 1$$

* 現在水産研究所において都道府県に委託して全国的に行つているイワシ資源調査では一部をのぞき垂直曳を行つている。

となる。したがつて，この体積のすべての卵についての総和は産卵総量 S にほかならない。つまり，ある点 (ξ,τ) におけるすべての卵についての x_u の総和 $(\sum_u x_u)$ を $x(\xi,\tau)$ とすると，$x(\xi,\tau)$ と $\xi-\tau$ 平面でかこまれた部分の体積，即ち $x(\xi,\tau)$ の $\xi-\tau$ 平面上の卵の分布を考えている範囲全体についての積分が S となつている。

以上のように母集団を想定し，$\xi-\tau$ 平面上に M 個の点をばらまいてその点における x の値を観測すれば，産卵総量の推定値 S は

$$S'=\frac{AT}{M}\sum_{r=1}^{M}x_r' \qquad \cdots\cdots(2)$$

で与えられる。ここで x_r' は r 回目の観測で得られた x の値であつて，この観測で n_r 個の卵が得られ，その個々の卵についての存在時間 d_u がわかつたとすると

$$x_r'=\sum_{u=1}^{n_r}\frac{1}{d_u\Delta\xi} \qquad \cdots\cdots(3)$$

である。したがつて（2）式は

$$S'=\frac{AT}{\Delta\xi}\frac{1}{M}\sum_{r=1}^{M}\sum_{u=1}^{n_r}\frac{1}{d_u} \qquad \cdots\cdots(4)$$

となる。1 回の観測で得られる卵はだいたい同じ存在時間 d_r をもつているとすると，（4）式は

$$S'=\frac{AT}{\Delta\xi}\frac{1}{M}\sum_{r=1}^{M}\frac{n_r}{d_r} \qquad \cdots\cdots(5)$$

と簡単化することができる。

S' は S の不偏推定である。S' の分散は M 回の観測がおたがいに独立であるとすると

$$V(S')=\left(\frac{AT}{\Delta\xi M}\right)^2\sum_{r=1}^{M}V\left(\frac{n_r}{d_r}\right)$$

$V(n_r/d_r)$ は各観測が独立であるから r に無関係に一定で，しかも n/d の値の母集団全体における分散（$\sigma^2=E[n/d-E(n/d)]^2$）に等しい。故に

$$V(S')=\left(\frac{AT}{\Delta\xi}\right)^2\frac{\sigma^2}{M}。 \qquad \cdots\cdots(6)$$

$\xi-\tau$ 平面上に立てられた体積を求めるという考えに立てば，この体積をいくつかに分割して，別々に各部分の体積を求め，その和をとるという方法も可能である。このようにして S の層別推定法が考えられる。

区間 OA, OT をそれぞれ長さ A_h, T_i $(h=1,2,\cdots\cdots R_\xi,\ i=1,2,\cdots\cdots R_\tau)$ の区間にわけ，おのおののわけ方にしたがつて ξ 軸，τ 軸に平行な直線で $\xi-\tau$ 平面を碁盤の目状に分割し，又 $\xi-\tau$ 平面上に立てられた体積 S もこれにしたがつてそれぞれ S_{hi} に分割するものとする。

$$S=\sum_{h}^{R_\xi}\sum_{i}^{R_\tau}S_{hi}$$

であり，各 S_{hi} については無層別で全体を推定した時と全く同様な推定が可能である。各層についてそれぞれ M_{hi} 回観測を行つたとすると，層別推定値は次の式で与えられる。

$$S'=\sum_{h=1}^{R_\xi}\sum_{i=1}^{R_\tau}S_{hi}'=\sum_{h=1}^{R_\xi}\sum_{i=1}^{R_\tau}\frac{A_hT_i}{\Delta\xi}\frac{1}{M_{hi}}\sum_{r=1}^{M_{hi}}\frac{n_r}{d_r}。 \qquad \cdots\cdots(7)$$

同一層内での d_r の変動が少い時には

$$d_r=d_{hi}+\Delta_{hir}$$

とおいて

$$\sum_{r}^{M_{hi}}\frac{n_r}{d_r}=\frac{1}{d_{hi}}\sum_{r}^{M_{hi}}n_r\left(1-\frac{\Delta_{hir}}{d_{hi}}+O\left(\frac{\Delta_{hir}}{d_{hi}}\right)^2\right)$$

とあらわされる。ここで

$$d_{hi}=\sum_{r}^{M_{hi}}n_rd_r\Big/\sum_{r}^{M_{hi}}n_r$$

である時には

$$\sum_{r}^{M_{hi}} n_r \Delta_{hir}=0$$

となるので

$$\sum_{r}^{M_{hi}} \frac{n_r}{d_r}=\frac{1}{d_{hi}}\sum_{r}^{M_{hi}} n_r\left(1+O\left(\frac{\Delta_{hir}}{d_{hi}}\right)^2\right)。$$

Δ_{hir}/d_{hi} の2次以上の項を省略すると

$$S'\fallingdotseq\sum_{h=1}^{R_\xi}\sum_{i=1}^{R_\tau}\frac{A_hT_i}{d_{hi}\Delta\xi}\frac{1}{M_{hi}}\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r, \quad \cdots\cdots (8)$$

但し

$$d_{hi}=\sum_{r} n_r d_r/\sum_{r} n_r$$

を得る。この式は中井等の用いた式と同じものである。

層別推定における S' の分散は

$$V(S')=\sum_{h}^{R_\xi}\sum_{i}^{R_\tau} V(S_{hi}')=\sum_{h}^{R_\xi}\sum_{i}^{R_\tau}\left(\frac{A_hT_i}{\Delta\xi}\right)^2\frac{1}{M_{hi}}\sigma_{hi}^2 \quad \cdots\cdots (9)$$

σ_{hi}^2 は hi 層内での n/d の分散である。

分散式中の σ^2 或は σ_{hi}^2 は標本値から推定される。たとえば σ_{hi}^2 の不偏推定値は

$$\begin{aligned}S_{hi}^2&=\frac{1}{M_{hi}-1}\sum_{r=1}^{M_{hi}}\left(\frac{n_r}{d_r}-\frac{1}{M_{hi}}\sum_{r=1}^{M_{hi}}\frac{n_r}{d_r}\right)^2\\&=\frac{1}{M_{hi}-1}\left[\sum_{r=1}^{M_{hi}}\left(\frac{n_r}{d_r}\right)^2-\frac{1}{M_{hi}}\left(\sum_{r=1}^{M_{hi}}\frac{n_r}{d_r}\right)^2\right] \quad \cdots\cdots (10)\end{aligned}$$

となる。ここで $1/d_r=1/[d_{hi}(1+\Delta_{hir}/d_{hi})]$ を展開して Δ_{hir}/d_{hi} の2次以上の項を省略すると

$$S_{hi}^2\fallingdotseq\frac{1}{d_{hi}^2}\frac{1}{M_{hi}-1}\left(\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r^2-\frac{1}{M_{hi}}\left(\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r\right)^2-\frac{2}{d_{hi}}\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r^2\Delta_{hir}\right) \quad \cdots\cdots (11)$$

( ) 内の第3項は一般には大きくないであろうから

$$S_{hi}^2\fallingdotseq\frac{1}{d_{hi}^2}\frac{1}{M_{hi}-1}\left(\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r^2-\frac{1}{M_{hi}}\left(\sum_{r=1}^{M_{hi}} n_r\right)^2\right) \quad \cdots\cdots (11')$$

としてもさしつかえなかろう。

Ⅲ. いくつかの問題点

産卵総量推定値の信頼性については SETTE & AHLSTROM が詳細に論じている。ここでは，これ等の意見を参照しつつ若干の考察を進め，問題点を提示したい。

1) 産卵調査定線の問題

産卵調査の定線は，普通，それまでの経験から卵が多く分布していると考えられる海域及び時期を勘案して，調査船運航の都合と合せて適当に引かれる。したがって，定線の引き方，調査実施の日程はかなり有意的なものである。又，観測は数日間にまたがって次々と場所を移動しつつ続けられるため，一つの点と観測時点と次の定点における観測時点とは $\xi-\tau$ 平面上での独立な2つの観測とはみなしがたく，一種の系統抽出となっている。

一方前節で導いた推定法は観測時点がすべて $\xi-\tau$ 平面からの独立な random sample であることを前提としている。$\xi-\tau$ 平面からの独立な random sampling が容易に実現できるならば，当然定点，観測日時のえらび方を random になるようにして産卵調査を設計すべきである。しかし，現実には船の運航の面から，任意の定点，日時をえらぶということはおそらく不可能であろう。この推定の立場と実際の立場の矛盾を解決することが，産卵調査方法を改善するための緊急の課題である。

もし卵の分布自身が random である場合（細分された各層の中だけでよい）には，観測時点の決定は船

の運航の面のみで決定することができる。しかし，卵の分布は，今までに得られた資料からも明らかなように，細分された層内だけで考えてもけっして一様ではない。せまい海域のその又一部に濃密な卵の分布がみられることはごく普通のことである。産卵直後と思われる卵は極度の集中分布を示すが，これが時間とともに拡散して，より一様な分布へと変化してゆく。このようにごく小範囲をとっても不均質な分布をしているので，有意的に決定された観測時点を random sample とみなし得るという保障は全くない。

現実に実行し得る確率化の範囲内で確率的抽出法を設計することができるならば，この抽出法に対応した推定法を考案することは可能である*。しかし，実行可能の確率化の範囲はかなり制限されたものであるから確率的抽出を行うには，卵の分布自身のもっている性質を充分に利用することが必要であろう。産卵，卵の分布等に関する生態の調査研究の重要性もここにある。

Sette & Ahlstrom は定点のえらび方による誤差を interpolation の誤差として論じている。もし定点が random sample であるならば，これは標本誤差であって，その大きさを見積ることができる，，卵の分布の性質がわかれば，この誤差を少くするように計画を設計することもできる。

2) 卵の存在時間 d_u の推定

採集された個々の卵についての d_u は産卵量推定の基礎となる観測値である。d_u の観測誤差はみつもられない誤差として産卵調査の精度に大きな影響をもつ。しかるに，我々は直接的に d_u を知る事は不可能であり，周囲の条件から推定し得るにすぎない。d_u は，平均的には，卵の孵化時間及び途中での減耗の程度に支配される。孵化時間は主として温度によって決定され，水温と孵化時間の関係は，ある魚種については，いくつかの実験，調査によって示されている[1)3)4)]。途中での減耗としては悪環境による死滅，親魚その他による食害等があろうが，その数量的関係は明らかでない。ただ，採集卵の stage 別の組成から全体の減耗を推定するという試みがなされている[5)6)]。

一定の温度 θ にたもたれた卵の孵化時間 b は平均 b_θ 分散 σ_b^2 をもって $f(b)$ なる分布をするものとし，又途中での減耗係数 m が発生の stage によらず一定であるとすると，産卵されてからの時間 t とともに卵の減ってゆくようすは

$$e^{-mt}\int_t^\infty f(b)db$$

で与えられ，平均存在時間は

$$d_{\theta,m}=\int_0^\infty e^{-mt}\int_t^\infty f(b)db\,dt, \quad \cdots\cdots (12)$$

存在時間の分散は

$$\sigma_d^2=2\int_0^\infty te^{-mt}\int f(b)db\,dt-d_{\theta,m}^2 \quad \cdots\cdots (13)$$

となる。σ_b^2 が 0 の時，即ち温度が与えられると b が函数的に決定される場合には

$$d_{\theta,m}=\int_0^{b_\theta} e^{-mt}dt=\frac{1}{m}(1-e^{-mb_\theta}) \quad \cdots\cdots (14)$$

$$\sigma_d^2=2\int_0^{b_\theta} te^{-mt}dt-d_{\theta,m}^2$$

$$=\frac{2}{m^2}\left\{1-(mb_\theta+1)e^{-mb_\theta}\right\}-d_{\theta,m}^2,$$

b_θ から $d_{\theta,m}$ を求めるための係数は

---

* 漁獲物全体の中から標本魚体をいきなり random sampling することはできない。抽出の段階を船→トロ箱→魚体というようにいくつにもわけて，各段階での抽出法を確率化することによって，全体としての魚体の確率的抽出が可能になる。そして，このような多段抽出法のための推定法は容易にもとめられる。これと同様なことが産卵調査についてもいえる。

$$k=\frac{d_{\theta,m}}{b_\theta}=-\frac{1}{mb_\theta}(1-e^{-mb_\theta})$$

となる。k 及び d の変動係数 C_d はともに (mb_θ) の値だけで決定される。Table 1 には種々の (mb_θ) の値について k 及び C_d の値を示してある。

m, b_θ の値がわかつていれば Table 1 を用いて $k\cdot b_\theta$ として $d_{\theta,m}$ を計算し，これを平均存在時間 d_r として（5）式，或は（7）式によつて産卵総量を推定することができる*。b_θ は水温から推定される。たとえばマイワシについては小林[2]が水温 20°C で 24 時間 40 分で孵化したことを報告しており，村上，早野[3]は 14.5°C で 74～82 時間と推定している。中井[4]は一はらの卵を人工受精させていろいろの温度について孵化させ，温度と孵化時間の関係をしらべている。一方 Ahlstrom[2]は pilchard について，産卵時刻及び発生 stage から温度と孵化直前までの時間の関係を求めている。Ahlstrom の結果では，stage XI（孵化直前）に達するまでの時間は，対数をとつた時，温度に対して直線回帰を示し，個々の点は回帰直線のまわりにだいたい ±0.07（対数で，真数になおすと約 ±20 %）の巾をもつて分布している。Ahlstrom はこの点のちらばりの原因をいろいろあげているが，我々の場合問題になるのはそれ等のうちで，個体差によるもの，ある地点の代表水温と実際に卵の分布していた場所の水温の差によるもの，採集時の水温とその時までに経過してきた水温の差によるものの3つであろう。観測された水温から孵化時間を推定する場合には以上の外の原因は考えなくてもよいから，点のばらつきは Ahlstrom の得た結果よりさらに小さくなつていると考えられる。変動係数でいつて 10% をこえることはないであろう。したがつて Ahlstrom の方法を利用するならば** 卵の採集（調査地点の抽出ではない）が random であるかぎり，観測された水温を用いてかなり正確に b_θ を推定することができると思われる。

Table 1. Values of e^{-mb_θ}, k and C_d for various mb_θ. m; mortality coefficient of eggs. b_θ; incubation time. e^{-mb_θ}; rate of survived eggs at the time of hatching. k; rate of d_θ to b_θ, where d_θ is mean duration from spawning to death or hatching under the effect of mortality. C_d; coefficient of variation of d_θ.

mb_θ	e^{-mb_θ}	k	C_d
0.0	1.000	1.000	0.000
0.1	0.905	0.952	0.183
0.2	0.819	0.906	0.257
0.35	0.705	0.844	0.341
0.5	0.607	0.787	0.407
0.7	0.497	0.719	0.479
0.9	0.407	0.659	0.540
1.2	0.301	0.582	0.618
1.6	0.202	0.500	0.701
2.3	0.100	0.391	0.808

減耗係数 m は個々の卵について考えることはできない。ある海区，ある時期について平均的意味において存在する。いいかえるならば，特定の海区時期における個々の卵の死亡確率に関係している。もしその海区，時期内において m が一定で，かつ卵の採集が random に行われているならば，平均としての意味において m を用いて個々の卵の存在時間を推定できるといえないであろう。Sette & Ahlstrom は減耗の量や主要因による誤差にくらべると無視し得るとのべている。しかしこれは，卵を各 stage 別に推定したために mb_θ に相当する量が小さくなつた結果であつて，すべての卵を用いる場合には減耗の影響を無視し得ないであろう。現在その所，m の値について満足すべき結果はほとんど発表されておらず，さらに海区別，時期別又水温別*** に正しく m を推定することは多くの困難をともなうであろう。しかし，d_r

* Table 1 で (mb_θ) が大きくなるにしたがつて C_d が大きくなること，即ち θ が一定であつても d_u の変動が大きくなることは，一回の観測によつて得られる卵の個々の d_u がかなり変動し，したがつて (5) 式で用いた近似が悪くなり，かたよりのはいるおそれのあることを示している。

** Ahlstrom の関係式は観測水温と孵化時間の関係として与えられるので，正しい水温と観測された水温に差があつたとしても，それは回帰直線からのばらつきを増すだけで問題とならない。中井の方法は正しい水温と孵化時間の関係を与えるので，観測された水温が正しい水温とちがつている時はその誤差が問題となる。勿論 Ahlstrom の回帰直線の数値は個々の条件のもとで求めなければならない。

*** 卵の減耗が時間の軸に固定された要因で起る時は，孵化時間の長短と m の値は無関係であるが，発生の段階に結びついたものであるならば，孵化時間の長短により孵化までの減耗の割合は変らないが，m が変ると考えられる。これ等の組合さつた場合には状況は複雑である。

の見積りちがいは直接結果にかたよりを与える点で重要であり，今後の一そうの研究が望まれる。

3) 垂直曳の誤差

プランクトンネットによる採集の誤差に関しては，Winsor & Walford[9]，Winsor & Clarke[10] によつて統計的に吟味されている。Silliman[8] 及び Sette & Ahlstrom[7] は同様な考えで pilchard の卵について論議している。これ等は，いずれもプランクトンや卵の採集量を通じての考察であつて，水中におけるネットの物理的性質からの吟味は少いようである。

垂直曳の誤差はネットが正しく断面積 $A\xi$ の円柱状の水を濾過したかどうかということにかゝつてくる*。誤差の原因の一つは，$A\xi$ がつねに一定であつたかということである。$A\xi$ はネットの口面積よりかなりせまいものであり，さらに Winsor & Clarke によれば必ずしも口面積に比例しないもののようである。別の実験によつて正しく求めなければならない。しかもネットの古さによつて影響をうけ**，その時のプランクトン採集量によつても左右される。さらに重要な点は，下層からひきあげられるにしたがつてネットの網目がふさがれ，次第に $A\xi$ が小さくなるであろうことである。卵は一般にごく上層に濃密に分布しているとみられるが，下層に多量のプランクトンが浮游している時には，上層での濾過面積ははじめの $A\xi$ よりはるかに小さくなつている可能性がある。今一つの誤差は，ネットが正しく垂直に引上げられないことによる。ネットをおろすワイヤーの長さは正しく一定に保つても，風や海流によつて流されて，曳く角度が傾いた時には，ネットの達する深さはワイヤーの長さより浅くなり，しかも濾過する水柱の長さはワイヤーの長さより長くなる。Silliman や Sette & Ahlstrom もみとめているように，濾水計を用いてもほとんどこの状態は改善されない。物理的な面からの観測器具，技術の改善の要がある。

従来，統計的に観測誤差を吟味するには，同一地点，時刻における何回かの繰返し間の差をもとにしてきた。勿論この差のある部分は観測誤差であろうが，他の部分は，微小な地点，時刻の差による当然の差である。微小な空間，時間の範囲内における海洋条件の一様性，その中での卵の分布の任意性を仮定するならば微小空間，時間内での観測値は，誤差がなければ，Poisson 分布をすると考えられる。したがつて，卵の密度（期待される採集卵数）の高い所では，微小な地点，時刻の差による必然的な差（標本誤差）は変動係数であらわすとあまり高くないとみてよい*** が，卵の密度が低い時にはかなり高くなるので，繰返し間の差の中の大きな部分は当然の差であつて，観測誤差ではない。Poisson 分布を仮定できない時には，観測誤差と地点，時刻間の差が交絡しているので分離することは困難である。

観測誤差がある時は推定値の誤差は標本誤差だけよりも大きくなるが，観測値とその誤差が独立で，誤差の期待値が 0 であるならば，推定値はそれより不偏であり，その分散公式中の母分散の値は，誤差を含んだ観測値そのものによつて正しく推定される。これに対して，観測誤差が観測値と独立でなく，しかも一定の方向性をもつている時には，かたよりがおこる。卵採集量の場合，Winsor & Walford・Silliman によれば，観測値と繰返し間の差が比例関係にあるので，上記の都合のよい方の状態ではない。観測誤差を小さくすることが重要である。

Ⅳ. 要　　約

1) 垂直曳による卵採集の資料を用いて，産卵総量を推定する方法を標本調査の立場から考え，推定公式及び推定値の分散公式を得た。公式は観測時点が卵の分布する全空間，時間からの random sample であろ

---

* プランクトンの場合は，それ自身の游泳力による逃避も考えられるが，卵の場合は濾過水柱の多少のみよると考えてよかろう。Winsor & Walford は濾過する水量の変動によつて観測誤差が生ずると仮定して観測卵数とその変動の間の直線関係を導いている。しかし，卵の垂直分布を考えると，水量のみでは誤差はあらわせないであろう。

** 文献 12) 120 頁参照。

*** Poisson 分布の場合の変動係数は，平均を m とすると $1/\sqrt{m}$ である。$m=100$ の時には 1/10 であるが，$m=10$ 程度では 0.3 とかなり高くなる。Winsor & Walford の導いた式 $\sigma_d^2=m+K^2m^2$ で考えるならば，K^2 の大小（誤差の大小）及び m の大小によつて全体の分散 σ_d^2 中で誤差による部分の比率がかわる。

場合及び空間，時間を階層にわけ，層別に random sampling を行った場合について示した。

2) 推定方法に関する二三の問題点について吟味した。現実に行われる産卵調査定線は有意的なもので，random sample ではない。したがつて，従来の資料を機械的に公式にあてはめても正しい結果は得られない。調査時点の抽出法を確率化するために，産卵の生態，卵の分布様式についての研究が必要である。推定の基礎となる観測値，即ち個々の卵の存在時間を正しく見積るために，卵の減耗の程度，水温と孵化時間の関係についてさらに研究をすることが必要である。垂直曳の技術，ネットの構造等，採集方法の誤差及びその改善についての物理的，統計的面からの研究が重要である。

V. 文　　献

1) E. H. Ahlstrom : "Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature", *Spec. Sci. Rep. Fish.* **15**, 132—167, (1943).

2) 小林久雄 : "真鰯卵人工孵化の研究", 海洋の科学, **4** (7), 33—38, (1944).

3) 村上千郎, 早野孝教 : "昭和 27 年鰯資源協同研究経過報告", 西海区水産研究所, (1955).

4) 中井甚二郎 : 日本水産学会年会講演, (1950).

5) —— その他 : "昭和 24～26 年鰯資源協同研究経過報告", 東海区水産研究所, (1955).

6) O. E. Sette : "Biology of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) of North America. Part I. Early life history", *Bull. Fish. Wild. Serv.*, U. S. Dept. Inter., **50**, 149～237, (1943).

7) ——, and E. H. Ahlstrom : "Estimations of abundance of the eggs of the Pacific pilchard (*Sardinops caerulea*) off southern California during 1940 and 1941", *Jour. Mar. Res.*, **7**, 511～542, (1948).

8) R. P. Silliman "A study of variability in plankton tow-net catches of Pacific pilchard (*Sardinops caerulea*) eggs", *Jour. Mar. Res.*, **6**, 74～83, (1946).

9) C. P. Winsor and L. A. Walford : "Sampling variations in the use of plankton nets", *Jour. Cons. Int. Explor. Mer*, **11**, 190～204, (1936).

10) —— and G. L. Clarke : "A statistical study of variation in the catch of plankton nets", *Jour. Mar. Res.*, **3**, 1～34, (1940).

11) 山中一郎, 田中昌一 : "産卵調査に関する一つの検討" いわし資源調査担当官会議資料, **5**, 日本海区水産研究所, 20～25, (1953).

12) 横田滝雄 : "日向灘・豊後水道のイワシ類の研究" 南海区水産研究所報告, **2**, (1953).

産卵総量の推定—Ⅱ.
九州西方海面におけるマイワシ産卵量の推定

田　中　昌　一
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第六号　別刷
昭和三十年十月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 6, October, 1955

産卵総量の推定—Ⅱ.
九州西方海面におけるマイワシ産卵量の推定

田中昌一
(東海区水産研究所)

Estimation of the Abundance of the Eggs of Fish such as Sardine—Ⅱ. Abundance of the Eggs of the Japanese Sardine in the Western Area off Kyusyu in 1952

Syoiti TANAKA

The method proposed in the previous paper[12] is applied to the data obtained from the survey of the Japanese sardine, and the total number of the eggs spawned in the western area off Kyusyu in 1952 is estimated. The spawning ground and the spawning season are divided into the strata by the regions (Fig. 1) and by the months respectively, and the estimation is performed for each stratum. In order to determine the incubation time from the water temperature at the station, AHLSTROM's formula for the Pacific pilchard is slightly modified (Fig. 2). There is not a datum available to determine the mortality rate of the eggs and the rate of filtration of plankton net, then it is assumed that there is no mortality during the egg-period and the filtered area is equal to that of the opening of the net (approximately 0.16 m^2).

Total number of the eggs spawned is estimated to be 49×10^{12} and its coefficient of the variation is about 17 percent (Table 3). However, when it is assumed that the ratio of d_θ (mean duration from spawning to death or hatching) to b_θ (the incubation time) is 0.7 and the rate of filtration of the net is 0.7, the number of the eggs increses to 100×10^{12} or double the former.

All of above computations are carried out by the approximate formulae for the sake of simplicity, and the degree of approximation is examined about the four examples (Table 4). It is recognized to be accurate enough for practical purpose.

There is a linear relation between the mean number of eggs per haul and the standard deviation of the number of eggs for each stratum. Mean coefficient of variation is approximately 1.6 (Fig.3).

Ⅰ. まえがき

著者は前報[12]で，若干の仮定に基づいて，産卵総量を推定する方法を示し，又その問題点をあきらかにした。本報告の目的は，前報で得た方法を従来の産卵調査によって得られた資料に適用して，数値例を示すとともに，種々の問題点を具体的に示すことにある。したがって，ここで得られる推定値はあくまで数値例であるが，将来産卵調査方法が改善され，より正しい結果の得られるようになるまでは，条件つきでうけ入れなければならない数値であろう。推定法の適用にあたっては，なるべく仮定を満足させ得るようにデータを配列（海区の層別等）することが必要である。ここで示す方法は一つの例にすぎず，これをもって最上とするものではない。

Ⅱ. 用いた資料

計算に用いた資料は，イワシ資源委託調査中の産卵調査によって得られたもので[6,7]，年度は，発表された最新の資料を用いるという意味で 1952 年をとり，魚種はマイワシに限った。

マイワシの産卵はほとんど全国の沿岸で行われるが，近年の主な産卵場は九州西岸及び能登半島を中心とした日本海沿岸で，太平洋岸はほとんど問題にならない。したがって西海区水産研究所（長崎）[7]，日本海区

1955 年 8 月 23 日受理（印刷費負担）東海区水産研究所業績 B 第 220 号

水産研究所（新潟）[6] 関係の資料だけで充分であろう。これ等の資料によると，日本海沿岸では島根県以北ではほとんど卵が採集されておらず，又能登半島を中心とした海域は定線が複雑で，海区の区分が困難なため，島根以東を省略し，九州西方及び北方海域のみについて計算を行うこととした。卵の分布する全域を含めることによつて，移動の影響をのぞくという意味からは，一部の海域のみを対象とすることは正しくないのであるが，海域がある程度ひろければ，その影響は小さいものとみてよかろう。

本来層別は母分散を小さくして推定の精度を向上させるために行うのであるが，これから用いる資料では別の意味でも層別を行う必要がある。調査定点は卵が多いと考えられる海域に多くなるように配置されている。これをそのまゝこみにして計算すると，著しく過大推定となるおそれがある。点の密な海域と点の疎な海域とは別々に推定しなければならない。海域の層別はこの2つの観点から行われた。

本来ならば，海域を層別した上で各層内から定点を rándom に決定するのであるから，海域及び層別は確定したものである。しかし，適当に引かれた定線から逆に海域をきめ，層別を行うとすれば，対象とする海域をどの範囲までひろげるか，どの線で海域を層別するかが問題となる。これは統計的推定の立場からはあり得べからざるものであるが，すでに得られたデータを利用するという立場からはやむを得ないことであり，そのために推定値に主観的かたより（対象海域をひろくとればとるほど推定値は高くなる）のはいることもやむを得ない。これ等のことを考えながら Fig. 1 に示すような海区を定めた。ここでは対象海域をひろげすぎることをさけるために定点のまわりのかなりせまい範囲のみに限つた。したがつて，重要と思われる海域でも観測点のまつたくない部分ができるので，これ等については別の方法を考えなければならない。

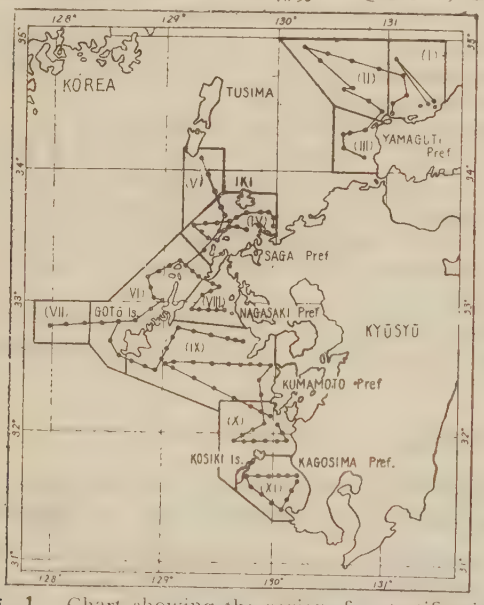


Fig. 1. Chart showing the regions for stratification and the stations of observation. Roman numerals in the chart are the numbers of the regions.

あらかじめ定められた定点に合せて対象海域や海域の層別を考えるときには SETTE & AHLSTROM[9] の用いた定点を中心として海域を龜甲形に区別する方法はかなり客観的でよい方法であろう。しかし，定点が碁盤目状に配列されているときはよいが，複雑にさくそうしている定点について行うことは必ずしも適当でない。又 SETTE & AHLSTROM の方法では各層に標本が一つしかないことになるので実績精度を見積ることができない。

Fig.1 に示した海区の面積は，海図上の面積から計算した。即ち海区の中心緯度 φ を 10 分の単位で求め，これと標準縮尺の緯度 φ_0 によつて，プラニメーターで求めた海図上の面積 a を $a\times(\sec\varphi_0/\sec\varphi)^2$ として修正の上標準の縮尺で拡大した。これ等の数値を Table 1 に示す。

時間については層別は，調査が毎月1回ほとんど同じ定線によつて行われているので，月別を用いることとした。1 回の航海に要した日数はだいたい 10 日以内である。調査を行つた日は月の中から random にえらばれた日ではなく，任意の日に出発して1航海をおわつて帰港するまでをあるから，出発の日は random にえらばれたとしても，それに続く数日は系統的にえらばれることになる。このことは，同一月内で日によつて卵分布量に大きな差のある時には，推定値の分散として見積られるよりはるかに大きな誤差を生ずることになる*。各層内の時間は各月の日数に応じて時間でかつた。

---

* 系統抽出の場合，正しい分散公式にはある海区内での日間の卵量の変動に関する項がはいつてくる。もし同じデータを形式的に任意抽出の時の分散公式にあてはめると，日間の変動の如何によつてより大きな値がでたり小さくでたりする。

Table 1. Area of region. Area of each region (see Fig. 1) is calculated from the area in chart adjusting the latitude by $(\sec 35°/\sec \varphi)^2$ and dividing by reduced scale. Scale of the chart used here is 1/1,200,000 at 35° N.L..

Region	Area in chart (cm^2)	North latitude $\varphi°$ at the centre of region	$\left(\frac{\sec 35°}{\sec \varphi°}\right)^2$	Area of region (km^2)
(I)	20.1	34°40′	1.008	2920
(II)	28.3	34°50′	1.004	4090
(III)	12.9	34°10′	1.021	1900
(IV)	18.9	33°40′	1.033	2810
(V)	10.5	34°00′	1.024	1550
(VI)	32.0	33°00′	1.048	4830
(VII)	11.9	32°50′	1.053	1800
(VIII)	12.1	33°00′	1.048	1830
(IX)	45.1	32°30′	1.060	6880
(X)	21.6	32°00′	1.072	3330
(XI)	15.6	31°40′	1.080	2430

各定点における観測値の中には，マイワシ卵の採集数*及び表面，10 m，25 m，50 m，100 m，150 m，及び底における水温がある。ネットをおろす水深は 150 m 又は海底であるが，どの層の水温をもってその定点の代表水温とするかが問題である。SETTE[8] は大西洋のサバについてしらべた結果，時刻により又卵の stage により若干の差はあるようであるが，ほとんど 10 m 以浅に分布していたと報じている。SILLIMAN[10] は pilchard の卵についてしらべた結果，50 m 以深に分布していることはまれで，20 m 以浅に特に多く分布していることを示している。又 AHLSTROM[1] は水温と孵化時間の関係をしらべる際に，SILLIMAN の結果を参照して，10 m 層及び 20 m 層の水温の平均をもってその地点の代表水温としている。一方，日本産マイワシ卵について発表されたデータは少いが村上，早野[3] は 50 m 及び 110 m 層からの垂直曳を比較した結果，110 m 層の方が明らかに採集卵数が多かつたことから 50 m 以深にもかなりの卵が分布していると結論し，その理由として複雑な地形の影響を考えている。しかし，50 m 以浅の方が多いことはたしかなようである。日本とアメリカでは状況の差が当然考えられるわけであるが，ここでは AHLSTROM にならつて 10 m 層及び 25 m 層の平均水温を用いることとした。一般に表層から 25 m 層までの水温の差はあまり大きくない。

水温と孵化時間の関係としては中井の式[4]，AHLSTROM の式[1] がある。中井の式はマイワシについての式であるが実験室におけるデータによつている。一方 AHLSTROM の式はアメリカの pilchard についてではあるが，実際の海洋からの sample にもとずいている。アメリカの pilchard と日本のマイワシでは条件が多少ちがうであろうが，前報でも論じたように実際の観測によつて得られた水温と孵化日数の関係を与えるという意味ですぐれているので，AHLSTROM の式をそのまゝ用いた。将来は当然日本のマイワシについて AHLSTROM と同様の関係式を求め，これによつて計算を行うべきである**。

AHLSTROM の式は 10 m 層と 20 m 層の平均水温と Stage XI（孵化直前）になるまでの時間の関係を与えており，孵化までの時間は，Stage XI になるまでの時間に，温度の高い部分で 2～3 時間，低温になるにしたがつて比例的により多くの時間を加えたものになるとのべている。ここでは AHLSTROM の与えた直線を水温 17°C の所で 2 時間分上方に平行移動させた式，すなわち

$$\log b_\theta = 2.72479 - 0.05860\theta \quad \cdots\cdots (1)$$

をもつて水温と孵化時間の関係式とした。(1) 式を図示すると Fig. 2 のようになる***。

卵の減耗についてはまだ充分あきらかではない。中井等[5] によればだいたい孵化するまでに半分くらいに

* 採集方法の詳細については文献 13) 6 ページ参照。

** 村上，早野[3] は実際の採集卵にもとづいて，14.5°C で 74～82 時間という数値を与えている。この値は AHLSTROM の式を改めた式 ((1) 式) の Curve をおよつている。(Fig. 2 参照)

*** AHLSTROM の式は水温 13～17°C の範囲であてはめられている。これより高温に対してはこの関係の単なる外挿によつた。水温 20°C で行つた小林[2] のマイワシ卵の実験結果はだいたいよくこの関係式と一致している。

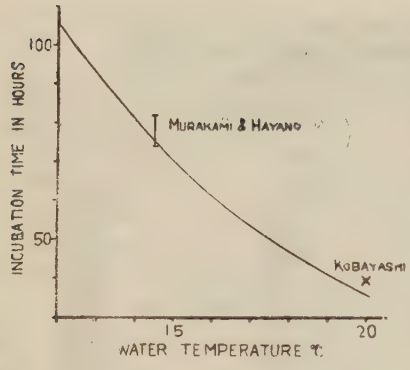


Fig. 2. Relation between water temperature and incubation time. Curved line; modified AHLSTROM's formula $\log b_\vartheta = 2.72479 - 0.05860\vartheta$. KOBAYASHI; reference 2). MURAKAMI & HAYANO; reference 3).

へるもののようである。この場合には平均存在時間 $d_{\theta,m}$ と孵化時間の比 k は 0.7 程度となる。

濾水面積はネットの口径面積と濾水率から計算される。ネットの口径 $2R$ は 45 cm であるから，口の面積は km^2 の単位であらわして $1.590\times10^{-7}\ km^2$ である。これに濾水率 η を掛けたものが濾水面積となる。濾水率 η については残念ながら利用できるデータがない。

k,η の値は各層とも一定であるとすると，計算の最後にかかってくるだけであるから，この値を修正することは容易である。ここでは仮に $k=1.0$, $\eta=1.0$ として計算することとした。

Ⅲ. 産卵総量の計算

卵量の推定及び分散の推定はすべて近似計算* によった。用いた式** を列記すると次の通りである。

$$S'=\frac{1}{k\cdot\eta\cdot\pi R^2}\sum_h\sum_i\frac{A_hT_i}{b_{\bar\theta}}\frac{1}{M_{hi}}\sum_r n_r \quad\cdots\cdots(2)$$

$$V(S')=\frac{1}{(k\cdot\eta\cdot\pi R^2)^2}\sum_h\sum_i\left(\frac{A_hT_i}{b_{\bar\theta}}\right)^2\frac{1}{M_{hi}}s'^2_{hi} \quad\cdots\cdots(3)$$

$$s'^2_{hi}=\frac{1}{M_{hi}-1}\left\{\sum_r n_r^2-\frac{1}{M_{hi}}\left(\sum_r n_r\right)^2\right\} \quad\cdots\cdots(4)$$

但し，
$$\log b_{\bar\theta}=2.72479-0.05869\,\bar\theta$$
$$\bar\theta=\sum_r n_r\vartheta_r/\sum_r n_r$$

各層別の A_h, T_i, M_{hi}, $b_{\bar\theta}$, $\sum_r n_r/M_{hi}$ 及び s'_{hi} の値を一覧にして Table 2 に示す。

計算の結果は $k=1.0$, $\eta=1.0$ として産卵総量は 48.93 兆，その変動係数は 16.9 % となる。層別の推定値を Table 3 に示す。ただし，実際の層内での産卵量は流入流出の影響によって若干ことなっていると考えられる。この推定値は正しい k 及び η の値がわかつた時には $(k\cdot\ )$ でわることによつて容易に補正される。もし $k=0.7$ とし，又 $\eta=0.7$ とすると $k\cdot\eta=0.5$，推定値はだいたい 100 兆程度になる。このことからも k,η を正しく推定することの重要さがわかる。

この推定値は多分過少推定であろう。福岡県沖から対馬にかけての広大な海域の産卵量が全くふくまれていない。五島の外海はさらに沖合にわたって卵が分布しているとみられる。山口県の北西及び西部海面では 3 月の観測がないが，この時期は隣接海区の状態から判断するとかなりの産卵があるものと考えられる。$k=1.0,\eta=1.0$ の場合で 50 兆を，$k=0.7$, $\eta=0.7$ とすると 100 兆をかなり上まわることはほとんど疑いないかろう。

Ⅳ. 近似式の近似度

産卵総量及びその分散は，すべて近似式 ((2), (3) 及び (4)) によって計算した。これ等の近似式は (2) 式では

$$\frac{1}{M_{hi}}\sum_r\frac{n_r}{d_r}=\frac{1}{M_{hi}}\sum_r\frac{n_r}{kb_\vartheta}\fallingdotseq\frac{1}{k\bar b_\theta}\frac{1}{M_{hi}}\sum_r n_r=\frac{\bar n}{k\bar b_\theta} \quad\cdots\cdots(5)$$

たゞし，
$$\bar b_\theta=\sum_r n_r b_\vartheta/\sum_r n_r$$

なる関係を利用しており，さらに $\bar b_\theta$ は

$$\log\bar b_\theta\fallingdotseq\log b_{\bar\theta}=2.72479-0.05860\bar\vartheta \quad\cdots\cdots(6)$$

* 近似度については後述。

** それぞれ前報の (8) (9) 及び (11′) に相当する。

たゞし，　　$\bar{\theta}=\sum_r n_r\theta/\sum_r n_r$

として計算した。又 (4) 式では

$$\left\{\sum_r n_r^2-\frac{1}{M_{hi}}(\sum_r n_r)^2-2\frac{\sum n_r^2(b_\theta-b_{\bar{\theta}})}{b_\theta}\right\}\fallingdotseq\sum_r n_r^2-\frac{1}{M_{hi}}(\sum_r n_r)^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

とおいてある。これ等の式の近似の程度は，それぞれ厳密に求めた値と近似値を比較することによつて見当づけられる。Table 4 には 4 つの階層を例として，これ等の値を対比してある。ここに示した以外の階層については，その差はこれと同程度或はそれ以下と考えられる。近似の程度は実用上充分といつてよかろう。

Table 2. Various data by region and by month. A_h; area of the region. T_i; time of month. M; number of observations. $\bar{n}$; mean number of eggs per haul. s'; estimated standard deviation of number of eggs. b_θ; mean incubation time in hours.

Region	Month / A_h km²	T_i hours / Item	January 744	February 696	March 744	April 720	May 744
(I)	2920	M	4	4	3	4	4
		$\bar{n}$	0.0	2.50	25.33	7.75	1.75
		s'		4.4	28.3	8.4	1.7
		$b_{\bar{\theta}}$		83	81	86	65
(II)	4090	M	7	9	0	9	8
		$\bar{n}$	0.0	0.44		8.44	4.38
		s'		0.73		17.6	11.6
		$b_{\bar{\theta}}$		79		81	64
(III)	1900	M	5	5	0	5	0
		$\bar{n}$	0.0	24.6		6.60	
		s'		33.7		4.5	
		b_θ		76		83	
(IV)	2810	M	20	17	17	17	
		$\bar{n}$	1.95	0.41	2.41	1.00	
		s'	4.8	1.1	5.3	2.0	
		$b_{\bar{\theta}}$	57	72	79	74	
(V)	1550	M	3	0	0	0	
		$\bar{n}$	0.0				
		s'					
		$b_{\bar{\theta}}$					
(VI)	4830	M	15	16	14	16	
		$\bar{n}$	0.13	9.25	3.93	0.0	
		s'	0.35	10.1	5.6		
		$b_{\bar{\theta}}$	64	70	71		
(VII)	1890	M	3	0	2	0	
		$\bar{n}$	0.0		5.00		
		s'			2.8		
		$b_{\bar{\theta}}$			63		
(VIII)	1830	M	7	9	9	9	
		$\bar{n}$	0.0	0.56	0.0	0.0	
		s'		1.3			
		b_θ		75			
(IX)	6880	M	27	27	27	26	
		$\bar{n}$	0.37	30.33	6.2	0.0	
		s'	0.49	56.4	11.1		
		$b_{\bar{\theta}}$	55	58	63		
(X)	3330	M	12	13	14	14	
		$\bar{n}$	0.0	29.62	9.00	0.0	
		s'		59.2	9.9		
		$b_{\bar{\theta}}$		57	62		
(XI)	2430	M	13	13	13	13	
		$\bar{n}$	0.0	0.23	4.85	0.0	
		s'		0.83	4.9		
		b_θ		40	53		

Table 3. Estimated abundance of eggs of the Japanese sardine by region and by month. Note ; The actual number of eggs spawned in each stratum may be somewhat different from the figures in the table because of its flowing in and out the regions by the currents. (Unit : 10^{10})

Region \ Month	January	February	March	April	May	Total
(Ⅰ)	0	38	427	119	37	622
(Ⅱ)	0	10	–	193	131	334
(Ⅲ)	0	269	–	68	–	338
(Ⅳ)	45	7	40	17	0	109
(Ⅴ)	0	–	–	–	–	0
(Ⅵ)	5	279	125	0	0	409
(Ⅶ)	0	–	67	–	–	67
(Ⅷ)	0	6	0	0	0	6
(Ⅸ)	22	1575	318	0	0	1915
(Ⅹ)	0	757	226	0	0	984
(Ⅺ)	0	6	104	0	0	110
Total	71	2949	1307	398	168	4893
					Coefficient of variation	0.169

Table 4. Comparison between two values which are calculated a) by approximate formula and b) exact formula. See formulae (5), (6) and (7) on page 393, 394.

Item \ Stratum	(Ⅳ) January	(Ⅸ) February	(Ⅵ) March	(Ⅱ) April
$\bar{\theta}=\Sigma n_r\theta/\Sigma n_r$ (°C)	16.55	16.39	14.89	13.95
a) $b_{\bar{\theta}}$ (hours)	56.88	58.12	71.16	80.78
b) $\bar{b}_\theta=\Sigma n_r b_\theta/\Sigma n_r$ (hours)	57.00	58.39	71.36	80.53
a) $\bar{n}/b_{\bar{\theta}}$	0.0342	0.5195	0.0551	0.1049
b) $(\Sigma n_r/b_\theta)/M$	0.0345	0.5216	0.0554	0.1050
a) $(M-1)s'^2=\Sigma n_r^2-(\Sigma n_r)^2/M$	438.95	82674	406.93	2472.2
b) $(M-1)s'^2-\hat{2}\Sigma n_r^2(b_\theta-b_\theta)/b_\theta$	474.87	85756	394.83	2508.8

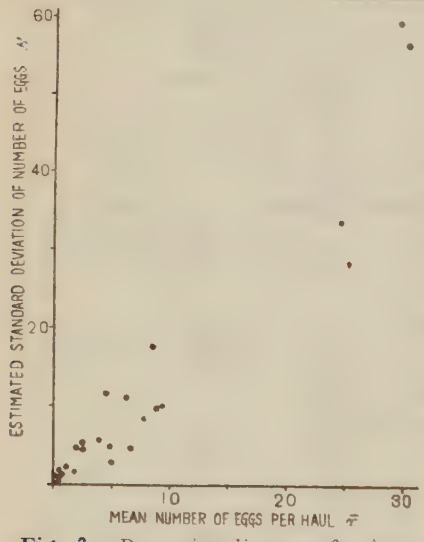


Fig. 3. Regression diagram of estimated standard deviation, s', on the mean number of eggs per haul n. Mean coefficient of variaton is approximately 1.6.

Ⅴ. 層別平均採集卵数と標準偏差

Table 2 を見ると，平均採集卵数の多い層は推定された標準偏差も多くなつている。これを図にあらわすと Fig. 3 のようになる。変動係数は平均してだいたい 1.6 くらいである。Winsor & Walford[14] や Siliman[11] も平均卵数と標準偏差が直線関係を示すことをのべているが，これは同一地点における double haul の場合である。ここで得られたのは，海区，時期を異にする層間での直線関係であつて，前2者の double haul の場合と意味はちがつている。この直線関係は，卵の分布の様子が各海区，時期を通じて相似であることを示しているのであろうか。卵の分布構造の面からの研究が必要である。

Ⅵ. 総　　括

前報で得た産卵総量の推定式によつて，九州西方海域における 1952 年春のマイワシ産卵量を推定した。採集卵数，水温はイワシ資源調査資料によつた。定線に合せて海域を層別し，又

月別と合せて階層とした。孵化時間は，調査地点の 10 m 及び25 m 層の水温の平均によって AHLSTROM の式を若干改めた式を用いて推定した。途中での減耗，ネットの濾水率は不明であるので，一応減耗はないものとし，濾水率は 1.0 とした。推定卵量は 49 兆，その変動係数は 17 %とでた。もし孵化までに半分に減耗するものとし，また濾水率を 0.7 とおくと，推定卵量は2倍の 100 兆程度となる。

計算はすべて近似式によつたが，4つの例について厳密な計算値と対比した結果，近似の程度は充分であるとみられる。

階層別の平均採集卵量と標準偏差は直線関係にあり，平均の変動係数はだいたい 1.6 である。

Ⅶ. 文　　献

1) E.H. AHLSTROM: "Inflence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature", *Spec. Sci. Rep. Fish.*, **15**, 132—167, (1943).
2) 小林久雄："真鰯卵人工孵化の研究"，海洋の科学，**4** (7)，33—38，(1944).
3) 村上子郎，早野孝教："昭和 27 年鰯資源協同研究経過報告"，西海区水産研究所，(1955).
4) 中井甚二郎：日水会年会講演，(1950).
5) ————，その他："昭和 24—26 年鰯資源協同研究経過報告"，東海区水産研究所，(1955).
6) 日本海区水産研究所：日本海区鰯資源調査資料，昭和 27 年，B 集，(1954).
7) 西海区水産研究所：西海区鰯資源調査資料，昭和 27 年，B 集，(1953).
8) O. E. SETTE: "Biology of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) of North America. Part I. Early life history", *Bull. Fish Wild. Serv.*, U. S. Dept. Inter., **50**. 149—237, (1943).
9) ———— and E. H. AHLSTROM: "Estimation of abundance of the eggs of the Pacific pilchard (*Sardinops caerulea*) off southern Carifornia during 1940 and 1941", *Jour. Mar. Res.*, **7**, 511—542, (1948).
10) R. P. SILLIMAN: "Thermal and diurnal changes in the vertical distribution of eggs and larvae of the pilchard (*Sardinops caerulea*)", *Jour. Mar. Res.*, **5**, 118—130, (1943).
11) ———— : "A study of variability in plankton tow-net catches of Pacific pilchard (*Sardinops caeulea*) eggs", *Jour. Mar. Res.*, **6**, 74—83, (1946).
12) 田中昌一："産卵総量の推定—I．垂直曳による推定法及びその問題点"，本誌，**21**，332—389，(1955).
13) 東海区水産研究所：東海・東北海区鰯資源調査資料，昭和 27 年，B 集，(1954).
14) C. P. WINSOR and L. A. WALFORD: "Sampling variations in the use of plankton nets", *Jour. Cons. Int. Explor. Mer*, **11**, 190—204, (1936).

海　　洋

OCEANOGRAPHY

An Attempt to Predict the Surface Temperature of the North-Eastern Sea Adjacent to Japan for the Summer, 1955*

By

Nobuo WATANABE and Toshiyuki HIRANO****

On the basis of data observed since 1921, the authors previously studied the fluctuation in sea conditions in the area adjacent to Japan during three to 12 months ending in March 1955 to compare them with those of every coordinate period. Some of important subject matter in the study were: changes in the surface temperature in the North-Eastern Sea; the resemblance among the changes in different seasons and years; analysis of the water masses of the Kuroshio and Oyashio in the neighborhood to Hokkaido; the seasonal or annual change in the water mass distributions during the period under study.

A prediction which could be extended from the results of the study and made public in April 1955 is:

That in the summer of 1955 the surface temperature in the northern subarea of the North-Eastern Sea of Japan will likely be lower than of the normal summer. However, in the waters more southerly than the middle region, there is a strong probability of having the surface temperature a little higher than, or to say in the least, similar with, that of the normal summer.

The present paper has prepared in order to explain as to by what means the prediction was made possible. On this occasion the authors wish to acknowledge our indebtedness to Dr. M. Uda for his kind advices to our work, and wish to extend their heartfelt thanks to all the members of the Oceanographical Section, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, who collaborated with them in attaining the above results.

* Contribution B. No. 221 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory. Received Aug. 3, 1955.

** Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, Japan.

Basis of the Prediction

(I) *Degreess of Resemblance*

a) *Resemblance in the seasonal or annual Progress of the Changes*

Fig. 1 shows the Sea District under study divided into four subareas bounded by latitudes and longitudes as follows:

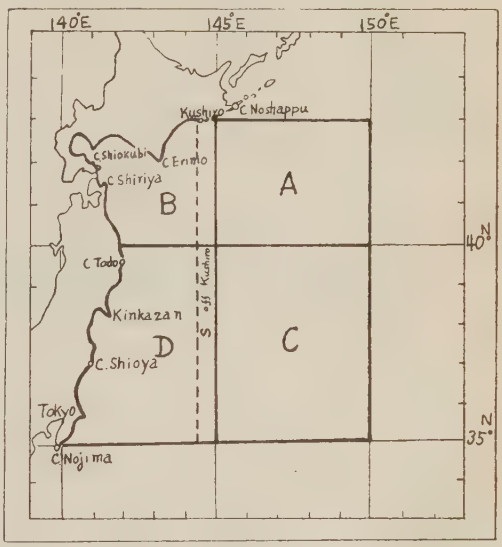


Fig. 1. Subareas and regular oceanographic stations in the North-Eastern District.

	Subarea	Latitude N	Longitude E
A)	Northern Offshore	40°—43°	145°—150°
B)	Northern Inshore	40°—43°	145°—Shore Line.
C)	Southern Offshore	35°—40°	145°—150°
D)	Southern Inshore	35°—40°	145°—Shore Line.

As a comparison between the temperatures at definite moments is not supposed to be

Table 1. Comparison of the continuous surface temperature changes in the current period with the coordinates since 1933. (Period: 12 months ending on March 31.)

x_t: Degree of resemblance on the basis of the period of 1954-55.

$\Delta\theta$: Deviation of the temperature in the following summer from the mean temperature of the coordinate seasons.

The notations read likewise in Tables 1 to 3.

Year	A		B		C		D	
	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$
1933~34							(1.7)	−0.2
1934~35			1.6	−2.3			3.0	−1.5
1935~36			(2.0)	−0.9			2.3	−1.1
1936~37			1.6	−0.1			1.8	+0.9
1937~38			2.2	+1.4	2.5	−0.4	1.8	+0.3
1938~39								
1939~40								
1940~41			(1.5)	−2.6	1.6	−0.5	2.2	−1.2
1941~42			(5.8)	+3.1			3.1	+0.9
1942~43					(2.9)	+0.5		
1943~44								
1944~45								
1950~51					2.4	−0.1	1.7	0.0
1951~52	(2.5)	+0.3			1.2	+0.1	1.8	+0.3
1952~53	(3.3)	−1.2			1.9	+0.1	1.6	−0.3
1953~54	(2.1)	−1.5	(3.4)	−0.1	1.8	+1.2	2.6	−1.4

Table 2. Comparison of the continuous surface temperature changes in the current period with the coordinates since 1933. (Period: 9 months ending on March 31.)
See note of Table 1 for the notations.

Year	A		B		C		D	
	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$	x_t	$\Delta\theta$
1933~34					3.3	(−0.3)	(1.7)	−0.2
1934~35			1.5	−2.3	3.2	−0.4	2.3	−1.5
1935~36	(3.0)	−0.9	2.2	−0.9	2.1	+0.2	2.0	−1.1
1936~37	(3.2)	+0.9	1.7	−0.1	2.2	+0.4	1.3	+0.9
1937~38			2.4	+1.4	2.6	−0.4	1.7	+0.3
1938~39					3.0	+0.2		
1939~40					2.5	−0.9		
1940~41			1.4	−2.6	1.4	−0.5	2.3	−1.2
1941~42			(2.0)	+3.1	(1.9)	+0.5	2.6	+0.9
1942~43					3.1	+0.5		
1943~44								
1944~45								
1950~51					2.7	−0.1	1.9	0.0
1951~52	(2.2)	+0.3			1.1	+0.1	1.9	+0.3
1952~53	(3.5)	−1.2			2.1	+0.1	1.8	−0.3
1953~54	(2.3)	−1.5	(3.6)	−0.1	2.0	+1.2	2.5	−1.4

Table 3. Comparison of the continuous surface temperature changes in the current period with the coordinates since 1933. (Period: 6 months ending on March 31.)
See note of Table 1 for the notations.

Year	A		B		C		D	
	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$
1933~34							(0.6)	−0.2
1934~35			5.7	−2.3	3.0	−0.4	2.3	−1.5
1935~36	(3.4)	−0.9	2.2	−0.9	1.4	+0.2	2.5	−1.1
1936~37	(3.5)	+0.9	1.7	−0.1	1.7	+0.4	1.1	+0.9
1937~38			2.8	+1.4	4.3	−0.4	1.0	+0.3
1938~39					0.9	+0.2		
1939~40					2.2	−0.9		
1940~41			1.2	−2.6	1.5	−0.5	2.3	−1.2
1941~42			(1.0)	+3.1	(1.4)	+0.5	2.7	+0.9
1942~43					(2.4)	+0.5		
1943~44								
1944~45								
1950~51					1.2	−0.1	0.8	0.0
1951~52	2.4	+0.3			1.1	+0.1	1.4	+0.3
1952~53	(4.1)	−1.2			1.2	+0.1	1.5	−0.3
1953~54	(2.8)	−1.5	(4.2)	−0.1	1.2	+1.2	2.7	−1.4

Table 4. Comparison of the continuous surface temperature changes in the current period with the coordinates since 1935. (Period: 3 months ending on March 31.)
x_i: Degree of resemblance on the basis of 3 months ending in March 1955.
$\Delta\theta$: Deviation of the temperature in the following summer from the mean temperature of the coordinate seasons.

Year	A		B		C		D	
	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$	x_i	$\Delta\theta$
1934								
1935			2.0	−2.3	2.9	−0.4	2.6	−1.5
1936	3.9	−0.9	2.0	−0.9	1.8	+0.2	2.4	−1.1
1937	2.7	+0.9	1.9	−0.1	1.9	+0.4	1.0	+0.9
1938			2.7	+1.4	1.6	−0.4	1.1	+0.3
1939								
1940								
1941			(1.2)	−2.6	2.1	−0.5	3.0	−1.2
1942			(0.6)	+3.0			3.9	+0.9
1943								
1944								
1945								
1951					1.5	−0.1	0.8	0.0
1952	4.5	+0.3			1.0	+0.1	1.8	+0.3
1953	(4.3)	−1.2			1.5	+0.1	2.0	−0.3
1954	0.7	−1.5	(5.2)	−0.1	1.3	+1.2	3.6	−1.4

Throughout Tables 1-4 the values in parentheses are not always satisfactory in accuracy.

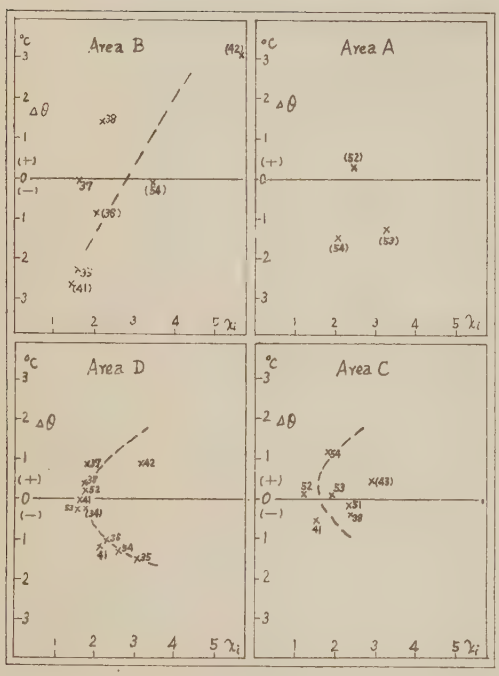


Fig. 2. Spring to winter for 12 months ending on March 31.

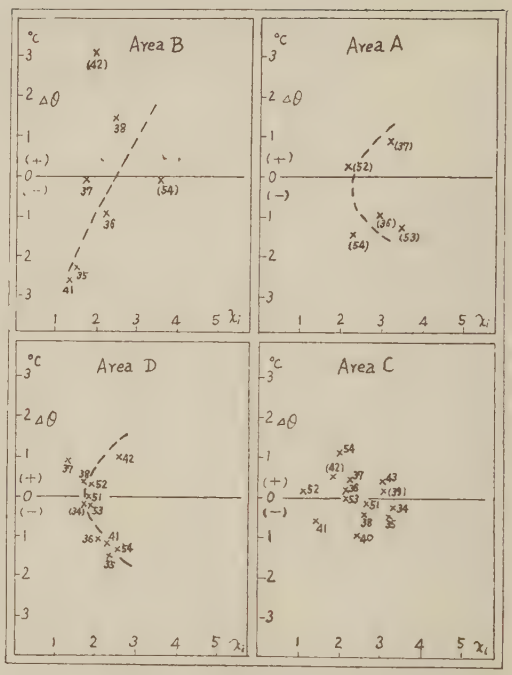


Fig. 3. Summer to winter for 9 months ending on March 31.

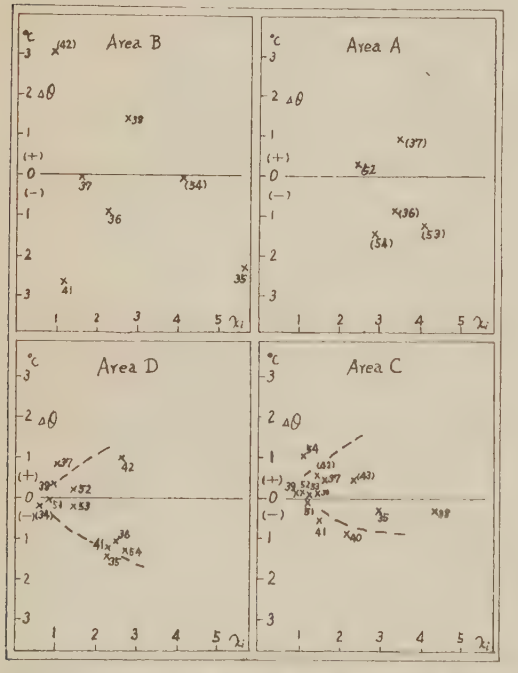


Fig. 4. Autumn to winter for 6 months ending on March 31.

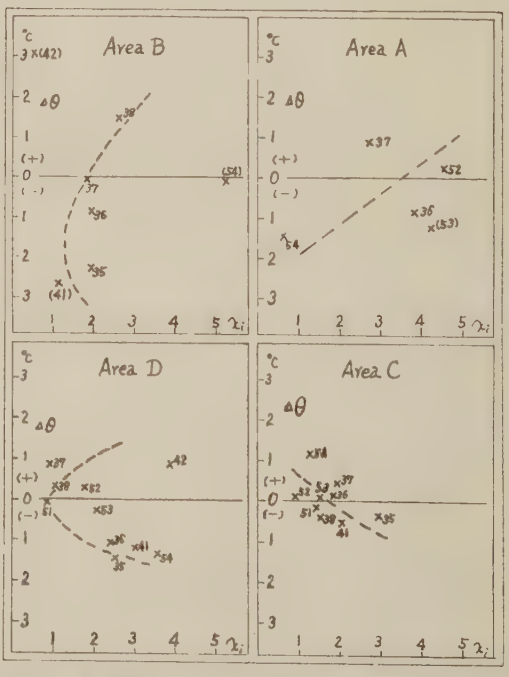


Fig. 5. Winter for 3 months ending on March 31.

Fig. 2-5. x_i between the current period and the coordinates and $\Delta\theta$ in the following summer. Numeral at the plot in Figs. 2-4 indicates the later year in each period of 6, 9 or 12 months ending in March and those in Fig. 5 indicate the year. The values plotted at the numeral enclosed in parentheses are not always satisfactory in accuracy.

feasible for confirming the resemblance of the continuous fluctuations in coordinate seasons of different years, the temperatures continuously changing for different length of months ending in March 1955 have been compared with those of the same seasons from April 1933 to March 1954, on the basis of the monthly mean temperature calculated for each subarea in the period.

The degree of resemblance[1] may be computed by

$$x_i=\sqrt{\frac{\sum(\theta_i-\theta_0)^2}{n}}$$

where θ_i: the temperature on i-year.
θ_0: the temperature of the 1954–55 period.
n: the number of ~~years~~ months adopted in the computation.

Four different lengths of seasons used for the study are: 12 months from spring to winter of the following year; 9 months from summer to the following winter; 6 months from autumn to the next winter; 3 months for the winter. (Throughout the present study, the calendar year divided into seasonal quarters begins with winter in January and ends in autumn in December.)

The correlations between the resemblances and the temperature anomalies in the summer following the season for which the degree of resemblance (x_i) was computed are shown in Figs. 2–5. It may be seen from the figures that in some of the past summer seasons the deviation from the mean temperature is almost negative in the northern subareas, and that such a type of summer comes following the season when the temperature progression resembles to that of the coordinate season during April 1954 to March 1955.

In the southern subareas, however, the deviation from the mean temperature is either positive or approximate to zero. From these analogies the authors concluded, as stated before, *that the temperature in the northern subareas would be lower in the 1955 summer than in the normal year, but in the southern subareas it would be warmer or normal in the coming summer.*

b) *Resemblance of temperature change at coastal stations*

Of many stations regularly occupied in the North Pacific coast since 1921 five at the localities indicated in Fig. 1 have been chosen for the present study. The temperature progressions at these stations during six months ending in March 1955 have been compared with the coordinates in the

Table 5. Degree of resemblance between continuous surface temperature changes of the current period and the coordinates at coastal stations since 1921. (Period: 6 months ending on March 31.)

Year \ St.	C. Noshappu	C. Shiokubi	C. Todo	C. Shoya	C. Nojima
1921~22	3.0	2.3	2.2	2.2	4.4
1922~23	2.7	2.3	1.2	3.5	3.8
1923~24	1.9	2.6	2.5	2.3	4.3
1924~25	2.4	2.9	1.7	2.6	4.3
1925~26	2.2	1.3	1.1	2.9	3.8
1926~27	2.2	1.4	1.1	2.7	2.1
1927~28	2.5	1.6	0.9	3.1	3.7
1928~29	3.3	2.2	1.5	3.1	3.7
1929~30	2.6	1.6	1.5	2.4	3.4
1930~31	2.9	2.2	1.3	2.7	3.4
1931~32	2.2	2.8	1.4	2.9	3.3
1932~33	1.9	1.5	1.1	2.4	4.0
1933~34	2.2	1.4	1.8	3.1	4.8
1934~35	2.1	2.8	2.8	2.8	5.0
1935~36	2.5	1.9	1.4	3.4	4.9
1936~37	2.4	1.1	1.1	3.2	4.7
1937~38	2.3	1.6	1.1	2.9	4.9
1938~39	2.9	2.1	1.1	1.8	3.8
1939~40	2.8	2.1	1.4	2.5	4.4
1940~41	2.4	1.2	1.4	2.4	4.2
1941~42	2.0	1.4	1.4	1.9	4.3
1942~43	2.4	1.5	1.4	2.7	4.7
1943~44	3.1	2.5	2.6	2.9	4.1
1944~45	2.9	2.6	2.9	3.3	4.6
1945~46	2.5	2.4	—	2.7	—
1946~47	2.6	0.7	1.4	3.3	6.3
1947~48	2.3	1.2	1.7	2.1	3.7
1948~49	2.8	1.2	1.4	2.3	3.2
1949~50	3.0	1.1	1.7	2.6	3.8
1950~51	2.4	1.3	0.9	2.1	4.0
1951~52	2.5	1.0	1.1	2.1	3.6
1952~53	2.9	1.2	0.8	2.5	3.8
1953~54	3.0	1.2	1.3	2.3	4.6

years after 1921 inclusively.

Indicated in Table 5, the degrees of resemblance in the coastal area are not so clear as in the offshore areas. Nevertheless, what can be interpreted from the table is this. In the 1954–55 period the temperature change in the coastal waters north of Todo-Zaki was, more conspicuous than the southern coasts, similar to that of the years when the summer temperature was lower than usual.

But in other cases, the temperature in the northern areas followed the fluctuation as same as that of the season preceding to a warmer type of summer.

In the coastal region south of Shioya-Zaki, the temperature of the current season resembled those past seasons ahead of a warmer summer more than those followed by a colder summer. In the south of Nojima-Zaki the resemblance to the coordinate seasons are very bad before a colder summer but large before a warmer summer. The comparison has led the authors to a forecast: *that in the coastal region north of Todo-Zaki the temperature anomaly in the coming summer will be remarkable in view of strong deviation from the mean temperature in that area, though it cannot be made certain whether the temperature will turn higher or lower. On the other hand, rather high temperature will probably occur in the southern waters of Nojima-Zaki.*

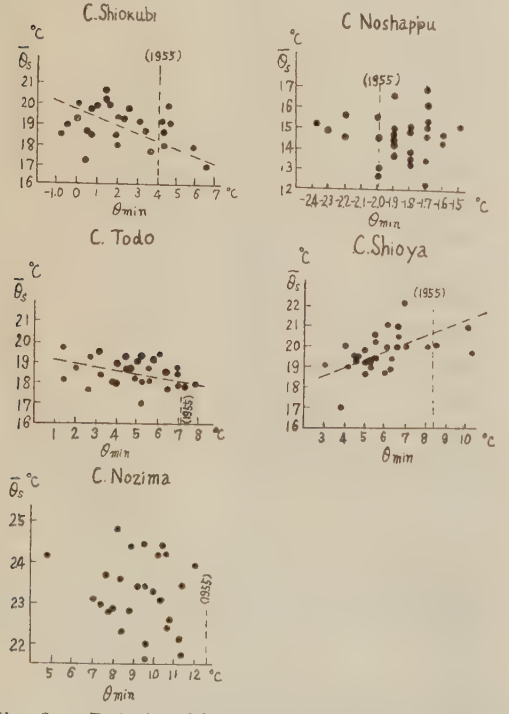


Fig. 6a. Relationship between minimum winter temperature and mean temperature for the following summer.

(II) *Prediction by Correlation*

On the basis of data of the same period as used in computing resemblances of the temperature progression, the correlation between the temperature of different seasons at the five coastal stations has been studied.

a) The correlation diagrams between the absolute minimum of winter temperature and the mean temperature of the next summer at the five stations are in Fig. 6-a. Although being rather obscure both at Noshappu-Zaki and at Nojima-Zaki, the correlation is fairly clear and negative at Shiokubi-Zaki and Todo-Zaki, but positive at Shioya-Zaki. When the minimum tempera-

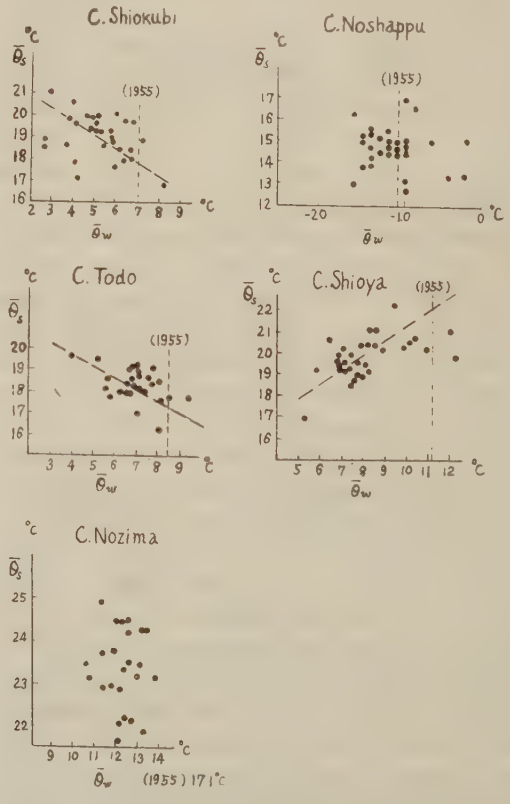


Fig. 6b. Relationship between mean temperature of winter and the following summer.

ture of the 1955 winter is put into the diagram, the temperature fluctuation in the coming summer might be foreseen like this.

In correspondence with the minimum temperature of last winter, *the mean temperature of the 1955 summer will be lower in the north of Todo-Zaki, and normal or a little higher in the neighborhood of Shioya-Zaki.*

b) In Fig. 6-b is the correlation between the mean temperatures of the winter and the following summer at these stations; the correlation coefficients between the temperatures of different seasons at four stations in Table 6. From these results it may be said that the mean temperature of the winter and the next summer are likely related in the same manner as stated in the foregoing paragraph (a), *i.e.*, inversely in the northern subareas, but positively around Shioya-Zaki. The mean temperature observed last winter at the stations are:

Station	Temperature C°
Noshappu-Zaki	7.0
Todo-Zaki	8.5
Shioya-Zaki	11.2
Nojima-Zaki	17.1

Table 6. Correlation coefficients of mean surface temperature.

Corr. Coefficient	St.	C. Noshappu	C. Shiokubi	C. Todo	C. Shioya
Simple Corr. Coefficient	$r_{1,2}$	+0.220	−0.119	−0.102	+0.596
	$r_{1,3}$	−0.300	−0.421	−0.423	+0.589
	$r_{1,4}$	+0.036	−0.049	−0.411	+0.180
	$r_{2,3}$	+0.327	+0.552	+0.728	+0.816
	$r_{2,4}$	+0.041	−0.353	−0.092	+0.247
	$r_{3,4}$	+0.015	+0.138	+0.246	+0.439
Partial Corr. Coefficient	$r_{12,34}$	+0.352	+0.189	+0.221	+0.218
	$r_{13,24}$	−0.416	−0.448	−0.445	+0.226
	$r_{14,23}$	+0.031	+0.104	−0.249	−0.071
	$r_{12,3}$	—	—	—	+0.247
	$r_{13,2}$	—	—	—	+0.221
	$r_{23,1}$	—	—	—	+0.717
Multiple Corr. Coefficient	$r_{1,234}$	+0.443	+0.452	+0.597	+0.617
	$r_{1,23}$	—	—	—	+0.607

Note: Suffixes 1, 2, 3 and 4 represent summer, spring, winter and autumn, respectively.

It may be expected, therefore, that *the temperature in the coming summer would be lower in the northern coast of the district but higher in the coast south of Shioya-Zaki.*

(III) *Prediction by the Analysis of Water Masses*

a) *The Isentropic Analysis of the water masses South off Kushiro*

Since 1936 the water mass distribution in the sea off Kushiro has been observed by the R. V. Sōyō-Maru, Tankai-Maru, and Tenyō-Maru. Using data from the observations, mixing ratios of the Oyashio and Kuroshio water on the vertical plane along the fixed line (Fig. 1) have been computed by quasi-isentropic analysis.[2] Prepared in Figs. 7 and 8 were the distribution pattern of March 1955, and the comparison of the current month with the coordinate months in the past, respectively.

It has been known that the upper layer from the surface to a depth of about 200 meters in an area 100 miles south off Ku-

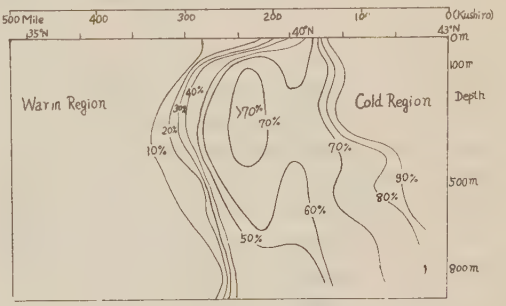


Fig. 7. Vertical distribution of warm and cold currents on the line of Long. 44°20′E for 500 miles S off Kushiro, March 1955. (Based on quasi-isentropc analysis.)

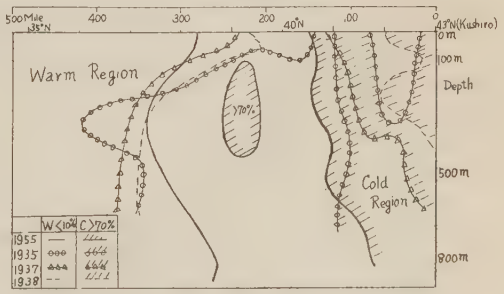


Fig. 8. Comparative distribution of warm and cold currents off Kushiro between March 1955 and coordinates of 1935, 37, 38.

shiro is mostly covered by the Oyashio water. (The term Oyashio water is here defined as a body of sea water which contains 70% of the pure Oyashio per unit of area.) The factors which have been computed in order to determine the influence of the cold current for the winter and the summer during the years under discussion are

$R' = \frac{\sum RS}{\sum S}$ ....Mixing ratio of the Oyashio water,

$\bar{\theta'} = \frac{\sum \theta RS}{\sum RS}$ ...Mean temperature of the same,

$\bar{\theta} = \frac{\sum \theta S}{\sum S}$ .....Mean temperature in the vertical section under study,

where θ: temperature in degrees of Centigrade,

R: mixing ratio of the Oyashio water computed by the quasi-isentropic analysis,

S: an area in an arbitrary untit.

Here are the assumption developed from the results.

i) R' in August is inversely correlated both with θ' and with $\bar{\theta}$ in March. In other words, when the temperature of the Oyashio in March is lower in the sea off Kushiro, the inflow of the Oyashio water to the area is great. Comparing with the conditions in every coordinate month past, and in last March are so remarkably low just as R' is so great.

These findings may validate views that the influence of the Oyashio water in winter (three months ending in this March) must have been predominant over the area, and that *the inflow of the Oyashio water to the area would possibly be larger in the summer of 1955* (Refer to Table 7).

ii) The results from the water mass analysis for the vertical section mentioned above (Fig. 8) have enabled the authors to assert that the Oyashio water in the area had to flow southward more powerfully in last March than it did in the same month of 1935. However, the northern limit of the Kuroshio on the upper layer seems to have located more northerly deviating in the last winter than in the 1935's winter, and prevailed as strong as it did in 1937 and 1938. From this it would be most probable that Oyashio and Kuroshio prevailed last winter in this part of the Pacific, with the former predominating in its southerly flowing through the northern part, while the latter forcefully flowing up north along the waters south of the intermediate area of the region. Since in the southern offshore of the district the temperatures in the winter have been found positively in correlation with those of the following summer, *the inflow of the Kuroshio in the present summer is expected to be as powerful as it was last winter.*

Putting all the findings together, it may be concluded *that the surface temperature of the sea district in the current summer will be lower in the northern subareas than it was in the normal year. In contrast, the southern subareas will have the temperature either higher or normal, but not likely lower than the average summer.*

Table 7. R', θ' and θ in the upper layer (0–200m) in the area covering 100 miles south off Kushiro.

Year \ Month	R' %				$\bar{\theta'}$ °C				$\bar{\theta}$ °C			
	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8
1936	82	82	—	87	2.3	1.9	—	2.9	2.3	2.0	—	3.0
1937	—	—	87	48		—	2.1	5.0	—	—	2.0	6.6
1938	—	—	66	56		—	3.0	4.4	—	—	3.3	5.5
1939	—	—	86	70		–	1.2	4.0	—	—	1.2	4.5
1940	—	—	84	77		–	1.2	4.1	—	—	1.3	4.2
1941	85	—	91	72	2.2		0.7	4.3	2.3	—	0.8	4.5
1955	—		96			-	0.4		—	–	0.4	

References

1) M. Uda: Hydrographical fluctuation in the north-eastern sea-region adjacent to Japan of North Pacific Ocean. (A result of the simultaneous oceanographical investigations in 1934～1937). Journal of the Imperial Fisheries Experimental Station, No. 9, March, 1938. p. 1～66.
2) Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming, 1949: The Oceans, their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall, New York.

Hydrographic Conditions of the North-Western Pacific. Part 1*.

On the Temperature Change in the Upper Layer in Summer

By

Nobuo WATANABE**

Abstract: On the basis of the data obtained during the oceanographic observations carried out in the adjacent sea to the western Aleutian Islands in the early summer of 1953, the author has studied the mechanisms of temperature change in the surface layer, considering the heat exchange between the sea and the atmosphere and the heat transportation due to water movements and mixing. As the results of it, the following conclusions have been deduced.

(1) As the factors contributing to the variation of the surface temperature, the heat exchange between sea water and atmosphere above the sea surface, eddy conductivity, advection and vertical water movement should be taken into consideration.

(2) Although the magnitudes of advection, vertical eddy and vertical motion of water masses did not distribute always uniformly among different stations in the area under study, but the magnitudes of heat transportation owing to these factors and heat radiation received at the sea surface were frequently of the same order.

Further, sea fog formed within the area under study has been considered as an important factor for the appearence of oceanographic conditions in summer, contributing the transportation of heat to the sea surface.

1. Introduction

In the vicinity of the salmon fishing ground located in the adjacent sea to the western Aleutian Islands, surface water temperature in summer has been increased within a range of 1°C or so only in a period of a decade, accompanying rapid variations of oceanographic conditions (Watanabe, 1952). Especially, changes in temperature distributions should be noted as one of the factors relating to the establishment of fishing grounds, since locations of the fishing ground have just been transferred, accompanying with the changes in temperature distributions.

In the present paper, the author has studied the mechanisms of temperature changes in the upper layer in the area covering over the south-western region of Attu Island, using the data which were obtained during the oceanographical observations carried out aboard R. V. "Tenyō-maru" from June 18 to July 12, 1953 (Tokai Regional Fisheries Research Laboratory). In addition to this, he has also glanced at the transference in locations of the salmon fishing ground with the changes in temperature distributions.

* Received Aug. 31, 1955. Contribution B-No. 224 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

** Oceanographical Section, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

2. Basic Theories

For the purpose of considering the heat exchange in the upper layer, we may schematically assume a model of a water column as shown in Fig. 1, after Sverdrup (1946) and Armstrong (1947). Taking x-axis from the west to the east, y-axis from the south to the north and z-axis from the surface to the bottom, a relationship concerning the inflow and outflow of heat into and out of the assumed water column may be obtained as expressed in the following equation, when various kinds of heat—namely, heat absorbed or radiated at the sea surface into or out of the column, heat transported by advection through the sides of the column, heat lossed from the bottom surface of the column and heat remaining in the column, causing tem-

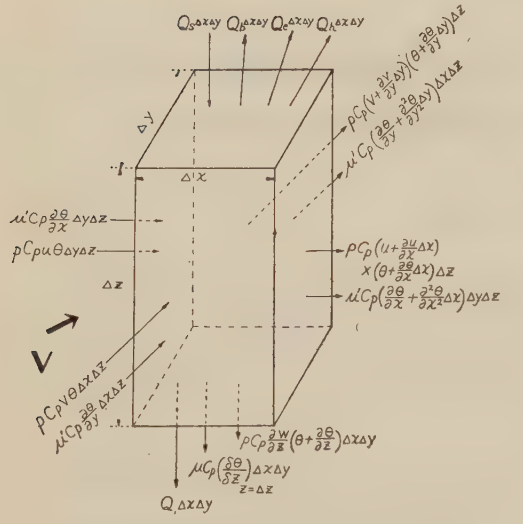


Fig. 1. Schematic model of heat exchange at the surface layer of the ocean.

perature change of sea water—are taken into consideration.

$$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)\Delta x\Delta y\Delta z dt$$
$$=\int_0^{\Delta t}\left\{(Q-Q')-\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}\right\}\Delta x\Delta y dt$$
$$-\int_0^{\Delta t}\mu' c_p\left\{\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\right)_{x=\Delta x}\Delta x+\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\right)_{y=\Delta y}\Delta y\right\}\Delta z dt$$
$$-\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left\{\left(u\frac{\partial\theta}{\partial x}\Delta x+v\frac{\partial\theta}{\partial y}\Delta y\right)\Delta z\right.$$
$$+\left(\theta\frac{\partial u}{\partial x}\Delta x+\theta\frac{\partial v}{\partial y}\Delta y\right)\Delta z$$
$$\left.+\left(\theta\frac{\partial w}{\partial z}\Delta z\right)\Delta x\Delta y\right\}dt$$

where the meanings of each notation are as follows:

Q ; heat absorbed to sea water through the sea surface ($Q=Q_s-Q_b-Q_e-Q_h$) (g.-cal./cm².day),

Q_s ; heat radiated from the sun and sky (g.-/cal./cm².day),

Q_b ; heat radiated from the sea surface to the atmosphere (g.-cal./cm².day),

Q_e ; heat lossed from the sea surface by evaporation (g.-cal./cm².day),

Q_h ; heat lossed by the process of convection in the atmosphere (g.-cal./cm².day),

Q' ; heat transferred through the bottom surface of the water column (g.-cal./cm².day),

ρ ; density of sea water,

c_p ; specific heat of sea water at constant pressure,

θ ; temperature of sea water,

μ ; vertical eddy conductivity of heat in sea water,

μ' ; lateral eddy conductivity of heat in sea water,

Δt ; time interval in which the temperature change has been caused,

$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)\Delta x\Delta y\Delta z dt$; heat required for the temperature change of sea water in the column within the period of Δt,

$\int_0^{\Delta t}(Q-Q')\Delta x\Delta y dt$; difference between radiant heat received at the surface and heat transferred out of the column through the bottom surface, that is, the ultimate radiant heat remaining in the water column,

$\int_0^{\Delta t}\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}\Delta x\Delta y dt$; heat lossed through the bottom surface by vertical eddy conductivity,

$\int_0^{\Delta t}\mu' c_p\left\{\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\right)_{x=\Delta x}\Delta x+\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\right)_{y=\Delta y}\Delta y\right\}\Delta z dt$; heat lossed through the sides of the column by lateral eddy conductivity,

$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(u\frac{\partial\theta}{\partial x}\Delta x+v\frac{\partial\theta}{\partial y}\Delta y\right)\Delta z dt$; heat transported out of the column by lateral advection,

$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\theta\frac{\partial u}{\partial x}\Delta x+\theta\frac{\partial v}{\partial y}\Delta y\right)\Delta z dt$; heat transported out of the column by the divergence of water movement,

$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\theta\frac{\partial w}{\partial z}\Delta z\right)\Delta x\Delta y dt$; heat transported out of the column through the bottom surface by the vertical motion of water.

Now, if we assume $\Delta x=\Delta y=1$, the equation mentioned aboved above is reduced in the from:

$$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)\Delta z dt$$
$$=\int_0^{\Delta t}\left\{(Q-Q')-\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}\right\}dt$$
$$-\int_0^{\Delta t}\mu' c_p\left\{\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\right)+\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\right)\right\}\Delta z dt$$
$$-\int_0^{\Delta t}\rho c_p(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)\Delta z dt$$
$$-\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left\{\theta\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}\right)\Delta z\right\}dt\cdots\cdots$$
(1).

Since density of sea water may be considered as constant during the time interval of Δt and the condition of continuity, $\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$, may be satisfied in this case, the Eq. (1) can be written

$$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)\Delta z dt = \int_0^{\Delta t}\left\{(Q-Q')-\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}\right\}dt - \int_0^{\Delta t}\mu' c_p\left\{\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\right)+\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\right)\right\}\Delta z dt - \int_0^{\Delta t}\rho c_p(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)\Delta z dt \qquad (2).$$

In the Eq. (2), the second term in the right side of the equation may be ignored since the values of $\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}$ and $\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}$ are very small generally,* even if we assume that $\frac{\mu'}{\mu}\fallingdotseq 10^8$. Then

$$\int_0^{\Delta t}\rho c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)\Delta z dt = \int_0^{\Delta t}\left\{(Q-Q')-\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}\right\}dt - \int_0^{\Delta t}\rho c_p(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)\Delta z dt \qquad (2)'.$$

In the Eq. (2'), we may consider c_p=const. and $\Delta z=10^3$ cm., since we have considered of the upper layer whose thickness is 10 m. Further, since

$\int_0^{\Delta t}\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)dt=\Delta\theta$; (temperature change in the interval of Δt),

$\int_0^{\Delta t}(Q-Q')\,dt=(\overline{Q}-\overline{Q}')\Delta t$; $\overline{Q}$ and $\overline{Q}'$ are the mean values in the interval of Δt,

$$\int_0^{\Delta t}\mu c_p\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}dt=c_p\int_0^{\Delta t}\mu\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_{z=\Delta z}dt = c_p\cdot\mu\cdot\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_1+\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_2\right\}\cdot\Delta t;$$ (heat transported by vertical eddy conductivity),

and $\int_0^{\Delta t}\rho c_p(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)\Delta z dt = \frac{1}{2}\rho c_p\{(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_1+(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_2\}\Delta z\Delta t$;

(heat transported by lateral advection), the following equations will be obtained, introducing these terms into the Eq. (2').

$$\bar{\mu}=\frac{1}{\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_1+\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_2\right\}}\cdot\left\{\left(\frac{\overline{Q}-\overline{Q}'}{c_p}\right)-10^3\rho\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)-\rho\cdot\frac{1}{2}\left((\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_1+(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_2\right)10^3\right\} \qquad (3).$$

$$\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)=\frac{10^{-3}}{\rho}\left\{\left(\frac{Q-\overline{Q}'}{c_p}\right)-\bar{\mu}\,\frac{1}{2}\left(\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_1+\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_2\right)\right\}-10^3\cdot\frac{1}{2}\left((\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_1+(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_2\right) \qquad (4).$$

3. Computations concerning the inflow and outflow of radiant heat through the sea surface

As for the values of $\overline{Q}-\overline{Q}'$ in the preceding section, the present author has made an estimation after Sverdrup (1946), Jacobs (1942) and Miyazaki (1952), evaluating several terms which will be stated below.

(i) Q_s (heat radiated from the sun and sky) is expressed by Mosby and Schmidt in the form:

$$Q_s=k\left(1-0.71\,\frac{C}{100}\right)\bar{h}\,(1-r)\times 1440,$$

(g.-cal./cm².day),

where, $k=0.025$ (a coefficient concerning transparency of the atmosphere given by Mosby, which was evaluated for lat. 50°N),

$h=23°$ (mean altitude of the sun computed for the station situated on lat. 51°N and long. 167°E in the last decade of June, 1953),

C=cloudiness % (values observed aboard "Tenyō-Maru"),

and $r=11\%$ (reflection rate at the sea surface given by Schmidt).

(ii) Q_b (heat lossed by the radiation from the sea surface is given by

* $\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}$ or $\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}:\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\fallingdotseq 1:10^{10}$; (Calculated values by the data during the oceanographic observation by R. V. "Tenyō-maru" mentioned above). However in the case of water boundary the circumstances may be somewhat different one.

$Q_b = 0.94\,\sigma T_w^4 (1-0.44-0.08\sqrt{e_a})\,(1-0.0083C) \times 1440$, (g.-cal./cm².day),

where, $\sigma = 82\times10^{-12}$ (Stefan's constant),
$T_w = 273+\theta_w$°C (absolute temperature of sea surface)
and e_a = tension of water vapour in the atmosphere in mb. (values observed aboard "Tenyō-maru").

(iii) R (Bowen Ratio)

$$R = 0.66\frac{P}{1000}\cdot\frac{\theta_w-\theta_a}{e_w-e_a} = \frac{Q_h}{Q_e},$$

where, P = atmospheric pressure in mb. (values observed aboard "Tenyō-maru"),
θ_w = temperature of sea water in °C (observed values aboard "Tenyō-maru"),
θ_a = temperature of the air in °C (values observed aboard "Tenyō-maru"),
$e_w = e_{\theta_w\cdot\max}$ mb. (maximum tension of water vapour corresponding to the water temperature),
and e_a = tension of water vapour in the air, mb. as mentioned above.

(iv) E (evaporation from the sea surface, mm./cm².day)

$E = 0.143\,(e_w-e_a)\,W_a$ ……Jacobs' equation*

where W_a = wind velocity in meters per second (values observed aboard "Tenyō-maru").

(v) Q_e (heat lossed by the process of evaporation, g.-cal./cm².day)

$$Q_e = L_t \cdot E \cdot 10^{-1},$$

where L_t = latent heat of evaporation $= 596 - 0.52\,\theta_w$.

(vi) Q_h (heat lossed by the process of convection g.-cal./cm².day)

$$Q_h = R \cdot Q_e.$$

(vii) Q (heat absorbed through the sea surface into the water column assumed, g.-cal./cm².day)

$$Q = Q_s - Q_b - Q_e - Q_h.$$

(viii) Q' (radiant heat transmitted downward through the lower surface of the upper layer, g.-cal./cm².day).

Radiant heat received at the sea surface will be absorbed by molecules and ions in sea water when it enters into the liquid medium even if no disturbance on the surface exists. Hence, Q', heat transmitted through a layer of Δz, is given by the equation:

$$Q' = \alpha_{\Delta z}\cdot Q,$$

where $\alpha_{\Delta z=10\,m}$ has a value of 0.161 in transparent oceanic water (Sverdrup, 1956).

The author carried out computations to evaluate each term mentioned above, using data of observations made aboard R. V. "Tenyō-maru" in 1953, results of which are shown in Table 1. The table shows characteristic features concerning the inflow and outflow of heat at the sea surface in the north-western Pacific in summer months. In the table, the whole period during which the observations carried out were separated into two periods, depending on meteorological conditions. In short, the first or second period corresphnds to early or mid summer in the area under study, respectively. During the first period the wind velocity and cloudiness were greater, and air temperature

* Jacobs (1942) applied the equation to the region covering lat. 40–45°N and long. 160°E–140°W.

Table 1. Radiant Heat at the Surface of the North-Western Pacific
(Last decade of June~1st decade of July, 1953)

Items / Period	Q_s g.-cal./cm²/day	Q_b g.-cal./cm²/day	Q_e g.-cal./cm²/day	Q_w g.-cal./cm²/day	Q g.-cal./cm²/day	Q' g.-cal./cm²/day	R	E mm./cm²/day
1st (12, June~1, July)	214.56	37.30	−19.93	19.90	177.29	28.37	−0.9986	−0.34
2nd (7~12, July)	344.16	83.70	5.33	9.88	245.25	39.24	+1.850	+0.09
Whole Period	266.03	53.54	−10.97	17.03	211.27	33.80	−1.554	−0.19

colder, more foggy, than these observed during the second period, while the air temperature became higher in the second period with the decreased effect of these meteorological factors. It may be clear that the meteorological factors affect the variations in various kinds of heat radiation. Namely, Q_s may increase with the decrease of C, sudden increase in Q_e may be caused chiefly by the activated process of evaporation and so on. And it should be also pointed out that the inversion of sign took place as to Bowen Ratio between the two periods. During the first period, heat lossed by convection and heat lossed by evaporation appear having opposite sign each other. Here, Q_e having negative sign indicates that much of heat of condensation enters into the sea water from the atmosphere. That is sea fog which appears in early summer may be considered as an important factor in supplying heat to the sea surface. On the contrary, Q_e has positive values during the second period, indicating the loss of heat by evaporation.

As for Q_h, the amount computed for the first period are much greater than that for the second, although outflow of heat was taking place in both periods. Thus, the ultimately total heat Q supplied to the sea surface in the second period had increased about the half of that in the first period.

Throughout the two periods, the author studied the variations of water temperature in the upper layer, assuming the mean rate of the heat 211.27 g.-cal./cm^2./day was supplied to the sea surface continuously during the time interval of Δt. The author also assumed that Q', which transmitted through a layer of 10 m.-deep, was 33.80 g.-cal./cm^2./day, having no effect on the temperature change in the surface layer.

4. An estimation on the coefficient of vertical eddy conductivity

In order to estimate the values of $\bar{\mu}$, the quantities required for the computation using the Eq. (3) have been obtained from distribution diagrams concerning water temperature and current* (Figs. 2 and 3), except for the values of $Q-Q'$ which were obtained in the preceding section. The computations were made on 16 stations located the area under study (Fig. 4). The procedures for the evaluation of each term are as follows;

$\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_1+\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)_2\right\}$: the vertical gradients of water temperature during the first and second period were averaged for each station.

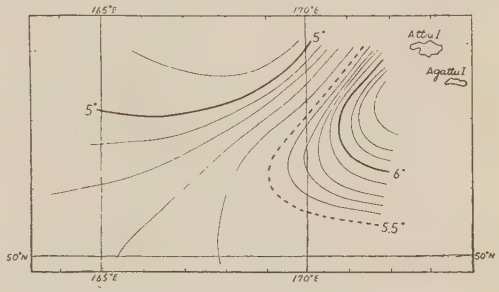


Fig. 2a. Surface temperature °C (1st. period)

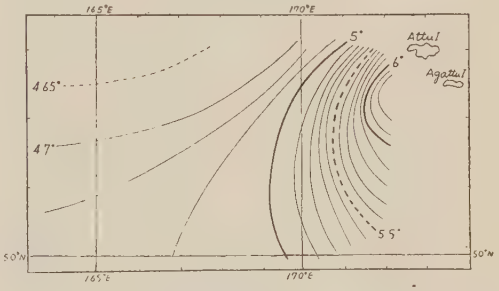


Fig. 2b. Temperature at 10 m. depth °C (1st.i perod)

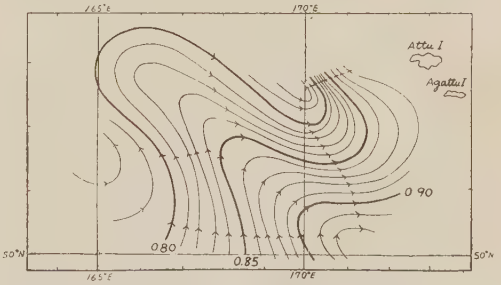


Fig. 2c. Current by ΔD [based 800 m. depth] (1st. period)

* In case of the dynamical computation of currents the effect of the wind-drift can be neglected, since the wind velocities were almost less than 5 m./sec. during these periods in question (cf. Appendix :Tab.).

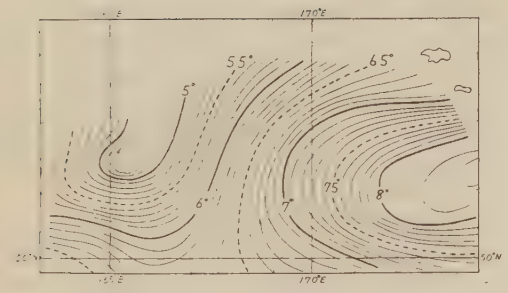


Fig. 3 a. Surface temperature °C (2nd. period)

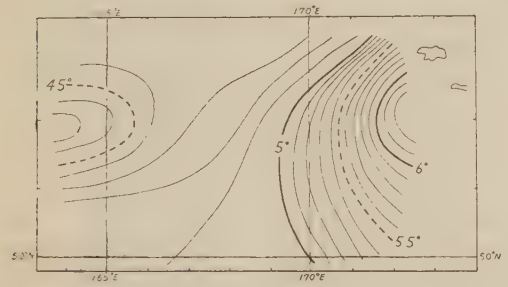


Fig. 3 b. Temperature of 10 m. depth °C (2nd. period)

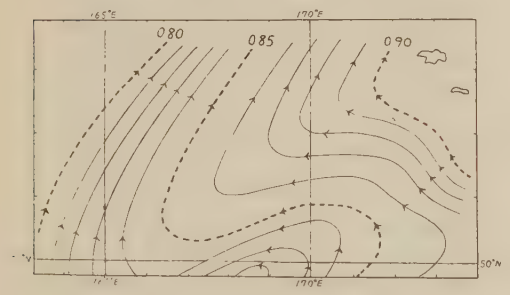


Fig. 3 c. Current by ΔD [based 800. m depth] (2nd. period)

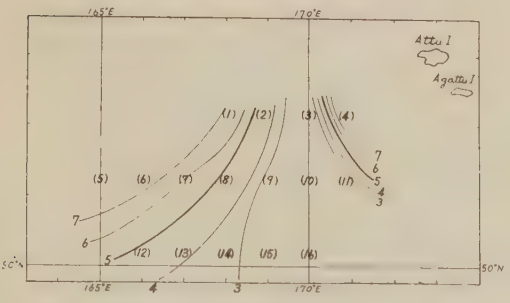


Fig. 4. Distribution of $\bar{\mu}$ 0–10 m. (C.G.S. unit) and location.

ρ: density of sea water was considered as constant throughout the periods within the whole area, applying a value of 1.026.

Cp: specific heat of sea water at constant pressure was regarded as constant, applying a value of 0.939.

$\bar{Q}-\bar{Q}'$: heat remaining in a water layer between the surface and 10 m. was assumed to have a value of 211.27–33.80 (g.-cal./cm./day) obtained in the preceding section.

$\Delta\theta$: change in temperature took place during a period of 13.5 days (°C/day) for each station.

$\frac{1}{2}\{(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_1+(\boldsymbol{v}\cdot\nabla\theta)_2\}$: scalar products of horizontal gradients concerning current velocity and water temperature observed at each station were averaged throughout the first and second periods.

$\bar{\mu}$: coefficients of vertical eddy conductivity (g.-cal./cm^2./day) for each station throughout the periods have been computed using the each term mentioned above, results of which are given in Table 2. Spacial distribution of these values are shown in Fig. 4. On the basis of these tables and figures, it may be concluded that the values estimated differ from each other for each station and can hardly be regarded as a constant. Namely, the values estimated for the southeastern part of the area are smaller than those of the vicinity of Attu or Commandor Islands.

Magnitudes of these values are ranging from 18×10^4 to 63×10^4 g.-cal./cm^2./day (2.1–7.3 in C.G.S. units), being in the comparable order with the values hitherto estimated.*

5. Relationships among the various kinds of heat contributing the changes of water temperature in the upper laper

In order to examine the mechanisms of contributing interactions between heat received at the sea surface and heat transported by advection of water masses or eddy conductivity to the changes of temperature in the upper layer, the author computed the each term in the Eq. (4), assuming that thermal equilibrium had been established at each station for which the values of $\bar{\mu}$ were estimated. The results

* Jacobsen (1913); All current, 0–15 m., 1.9–3.8 in. C.G.S. units (in Danish water, very great stability), (cf. Sverdrup "The Oceans").

Table 2. Heat Transportation of several factors and surface temperature change at the surface layer in the North-Western Pacific, early summer, 1953

St. No.	μ 0–10m. (C.G.S.)	Heat g.-cal./cm².day.							Contributions to the temperature change (°C/Δt)							Ratio of the each Heat for the receipt at the surface (%)						
		Receipt at the surface	Temperature Change	Lateral Transport	Vertical Transport	the items of Vertical Transp.			Receipt at the surface	Lateral Transport	Vertical Transport	the items of Vertical Transp.			Temperature increase	Receipt at the surface	Lateral Transport	Vertical Transport	the items of Vertical Transp.			Temperature increase
						Eddy	Current	Transmission				Eddy	Current	Transmission						Eddy	Current	Transmission	
1	6.9	211.3	63.6	+10.6	+128·1	+134.1	−30.8	33.8	+3.0	−0.2	−1.9	−1.9	+0.4	−0.5	+0.9	100	5	65	64	−15	16	30
2	4.1	〃	84.8	+57.8	+68.7	+86.0	−51.1	〃	〃	−0.8	−1.0	−1.2	+0.7	〃	+1.2	〃	27	33	41	−24	〃	40
3	2.3	〃	106.9	+75.1	+29.2	+55.1	−59.7	〃	〃	−1.1	−0.4	−0.8	+0.8	〃	+1.5	〃	36	14	26	−28	〃	51
4	7.3	〃	80.0	+61.7	+69.6	+154.3	−118.5	〃	〃	−0.9	−1.0	−2.2	+1.7	〃	+1.1	〃	29	33	73	−56	〃	38
5	7.3	〃	6.7	−7.7	+212.3	+172.7	+5.8	〃	〃	+0.1	−3.0	−2.4	−0.1	〃	+0.1	〃	−4	100	82	3	〃	3
6	7.0	〃	12.5	−71.3	+270.0	+176·5	+59.7	〃	〃	+1.0	−3.8	−2.5	−0.8	〃	+0.2	〃	−34	128	83	28	〃	6
7	5.5	〃	43.4	+8.7	+159.2	+147.6	−22.2	〃	〃	−0.1	−2.2	−2.1	+0.3	〃	+0.6	〃	4	75	70	−11	〃	21
8	4.2	〃	67.4	−48.2	+192.0	+118.7	+39.5	〃	〃	+0.7	−2.7	−1.7	−0.6	〃	+0.9	〃	−23	91	56	19	〃	32
9	2.7	〃	101.2	+133.0	−22.9	+80.1	−136.8	〃	〃	−1.9	+0.3	−1.1	+1.9	〃	+1.4	〃	63	−11	38	−65	〃	48
10	2.1	〃	120.4	+130.1	−39.2	+58.0	−131.0	〃	〃	−1.8	+0.5	−0.8	+1.8	〃	+1.7	〃	62	−19	28	−62	〃	57
11	2.2	〃	135.8	+33.7	+41.7	+42.6	−34.7	〃	〃	−0.5	−0.6	−0.6	+0.5	〃	+1.9	〃	16	20	20	−17	〃	64
12	4.4	〃	59.7	−9.6	+161.2	+123.5	+3.9	〃	〃	+0.1	−2.3	−1.7	−0.1	〃	+0.8	〃	−5	76	58	2	〃	28
13	4.0	〃	62.6	+14.5	+134.2	+117.7	−17.3	〃	〃	−0.2	−1.9	−1.6	+0.2	〃	+0.9	〃	7	64	56	−8	〃	30
14	3.4	〃	78.0	−6.7	+140.0	+102.3	+3.9	〃	〃	+0.1	−2.0	−1.4	−0.1	〃	+1.1	〃	−3	66	48	2	〃	37
15	2.8	〃	90.6	−128.1	+248.8	+84.0	+131.0	〃	〃	+1.8	−3.5	−1.2	−1.8	〃	+1.3	〃	−61	118	40	62	〃	43
16	2.7	〃	98.3	−64.6	+177.6	+72.5	+71.3	〃	〃	+0.9	−2.5	−1.0	−1.0	〃	+1.4	〃	−31	84	34	34	〃	47

Table 3. Contribution of the Heat Exchange between the water surface and atmosphere to the surface water temperature changes in the North-Western Pacific.
(Last decade of June~1st decade of July, 1953)

Items	Q Received at the surface	Q_{vt} Vertical transmission	Q_{lt} Lateral Transport	Q_{ve} Transport by Vertical Eddy	Q_{vc} Transport by Vertical current	Q_c Contribution to the water temp. change
Heat g.-cal./cm².day	+211.3	−33.8	−128.1~+133.0	−42.6~−172.7	−136.8~+131.0	+6.7~+135.8
Ratio Q_i/Q %	+100	−16	−61~+63	−20~−82	−65~+62	+3~64

Remarks: The sign put on the numerals in the table "+" or "−" shows the contribution to temperature increase or decrease respectively.

of the computations were shown in Table 2. Here, according to the assumption:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0,$$

heat transported by lateral divergence was expressed as that by upwelling, since lateral divergence would occur in the region within which upwelling was taking place. On the contrary, heat transported by lateral convergence was expressed by giving negative sign to heat transported by vertical water movement, although heat transportation due to lateral convergence was regarded as that owing to lateral advection, since convergence would correspond to sinking of water masses. Thus, mechanisms of the changes in water temperature in the upper layer may be formulated as follows:

temperature changes = the one due to the heat received at the sea surface + the one due to the lateral transportation + the one due to the vertical transportation

vertical heat due to transportation = heat due to transportation by vertical eddy condition + heat due to transportation by vertical water movement + heat due to vertical transmission

As described above, the changes of water temperature due to radiant heat at the sea surface should not be overlooked in the upper layer of the north-western Pacific in summer months, together with other affecting factors. Since heat received at the sea surface may be regarded as uniform over a broard area, the heterogeneous distribution of water temperature in the area under study should be attributed to other factors. However, the governing factor is not always identical for each station, that is, at some station the effect of lateral advection is prevailing, at another station the effect of vertical transportation is a governing factor and so on. In case of the temperature changes due to vertical transportation of heat, the temperature change caused by upwelling or sinking of water masses should not be overlooked, although heat transported vertically by eddy conductivity is not uniform, depending on the mutual difference of the magnitudes of $\bar{\mu}$. Table 3 were constructed in order to obtain a general view on magnitudes of heat transportation by the various factors in the area under study.

For the purpose of considering the problem more precisely, the whole changes of water temperature in the upper layer have been separated into several parts, each of which has been including a single factor as a cause of temperature change. The separated temperature changes were illustrated in Fig. 5-8 for each single factor.

In the distribution diagram of temperature changes caused by lateral advection (Fig. 5), two regions of rising temperature (0.5-1.0°c/13.5 days) exist covering the north eastern and central parts of the area and off Attu Island, while positive temperature change is not recognized for the regions in the northern edge and the south-western corner of the area.

Fig. 7 shows the distribution of temper-

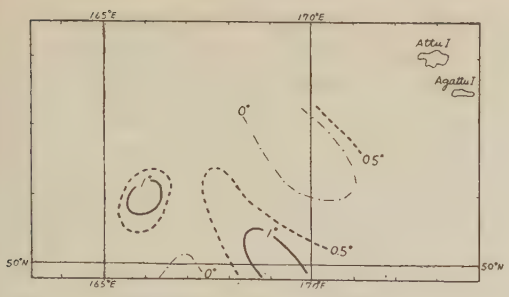


Fig. 5. Surface temperature changes °C by the lateral advection.

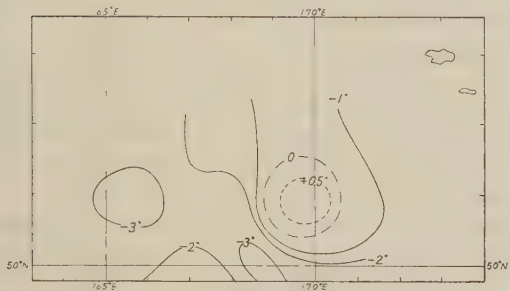


Fig. 6. Surface temperature changes °C by total vertical transport of heat.

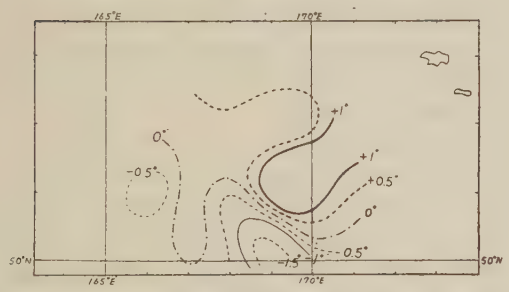


Fig. 7. Surface temperature changes °C by the vertical water movement.

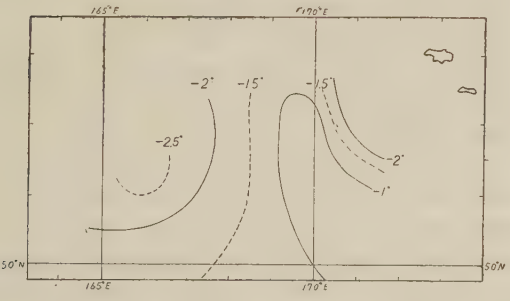


Fig. 8. Surface temperature changes °C by the vertical eddy motion.

ature change due to the vertical water movement. There are two characteristic regions of rising or falling temperature. As the vertical gradicuts of temperature $\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)$ are negative in the upper layer throughout the area, the region of rising temperature corresponds to that of sinking where the temperature increases 0.5°–1°C in a period of 13.5 days, and the region of falling temperature to that of upwelling where the temperature is remarkably decreased within a range from 0.5° to 1.5°C in the same period. Then, comparing Fig. 7 with Fig. 5, it should be noticed that the region of vigorous upwelling corresponds to that of increasing temperature due to lateral advection, while in the region of sinking no marked positive change of temperature due to lateral advection is recognized.

As to the variation of temperature only due to vertical eddy conductivity (Fig. 8), it should be pointed out that in the region within which the lateral advection and the upwelling are prevailling as mentioned above, the magnitudes of ultimate variation are small, while in the region within which the lateral advection and the sinking are weakened, they indicate markedly great, being a cause of falling temperature.

Fig. 6 is the synoptic chart denoting the variation of temperature caused by factors concerning variations along the vertical direction. The figure shows total variation brought by the vertical transportation of heat, including the facts that the greater the effect of lateral advection, the greater the variation.

Thus, the changes of water temperature in the upper layer throughout the periods should be determined according to the magnitudes of remaining heat in the layer, which may result from the processes of the inflow or outflow of heat into or out of the layer. In connection with this, it should be, as mentioned, an interesting fact that the salmon fishing grounds during the periods have had their centers mainly in regions in which upwelling was most prevailing (Fig. 9). These regions correspond to those in which the variation of water temperature due to vertical transportation of heat is prevailing, although the lateral motion of water is also remarkable.

Notwithstanding the considerable vari-

Fig. 9. Location of the salmon fishing ground during that last decade of June to the first decade of July in 1953. (Numerals show the number of catch per sheet of drift net).

ations in the lateral distribution of water temperature are noticed when the time elasped from the first period to the second, the transportations of water masses during these periods cannot be regarded as the ouly cause of the variation. Thus, it may be difficult to discuss the transportations of water masses simply by transference of iso-thermal lines.

Fig. 10 has been plotted by means of adding the temperature variation only

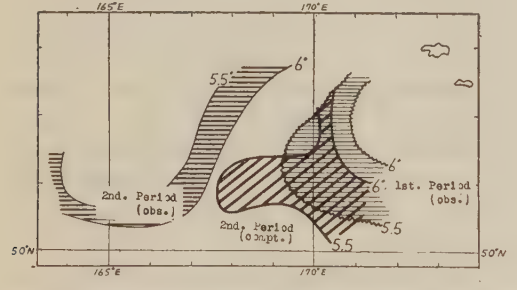


Fig. 10. Comparison of the transference of the zonal domain (5.5°-6.0°C) by computation of transport merely due to the advection with those of actual observation in the whole time interval Δt.

owing to currents to the distribution of temperature in the first period and comparing with the distribution in the second period. For convenience of comparison of the distributions with each other, the variations of the zonal domains enclosed by the iso-thermal lines of 5.5 and 6.0°C had been remarked. Although the zonal domain was transferred westwards in the couse of time, the distance of transference was much shorter than that estimated on the basis of the apparent difference between the temperature distributions in the first and second periods. On the whole, it may be impossible to discuss the transportations of water masses in the area under study on such a expedient basis even if the term "transportation" were understood as that caused simply by lateral advection, upwelling and sinking, because the radiant heat at the sea surface and vertical eddy conductivity affect greatly on the transference of iso-thermal lines.

6. Summary

The author studied the mecanisms of temperature changes in the upper layer of the adjacent sea to the western Aleutian Islands in the summer of 1953, using the theory on thermal equilibrium in the upper layer. As a result, the following conclusions have been derived:

(i) As factors contributing to the temperature changes in the upper layer, heat exchange between the sea and atmosphere, eddy conductivity, lateral advection and vertical water movement should be taken into consideration.

(ii) The estimated magnitudes of the contributing factors, such as lateral advection, vertical eddy and vertical water movement, to the temperature change differ greatly from each other for each station.

However, the heat transported by these factors can become comparable with the heat received at the sea surface.

(iii) The estimated magnitudes of temperature changes due to lateral mixing were negligibly small in the sea under investigation.

(iv) Sea fog formed in the area under study contributes to the supply of heat to the sea surface, seems to be one of important factors which increases the water temperature of surface layer in the process from the spring to the summer.

(v) The main fishing grounds of salmon have their centers in the region in which upwelling is taking plance remarkably.

(vi) It is difficult to discuss the transportation of water masses merely on the

basis of apparent transference of isothermal lines.

7. Acknowledgement

In conclusion the author wishes to acknowledge his indebtedness to Director I. Genshō, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Prof. Dr. M. Uda, Tokyo Fisheries University, for their kindness in giving much valuable advice and in correcting the manuscript. Further he must express his gratitude to Dr. M. Migita, Mr. Hirano, Mr. R. Fukai and other members in the Oceanographical Section of T.R.F.R.L. who have supported him in many ways during his work.

References

Armstrong, J. C., 1947: The maintenance of instability in the surface waters of the ocean. Scripps Inst. of Oceanography-Contribution No. 313, 1947 (Reprinted from The Annales of the New York Academy of Science Vol. XLVIII, Art. 8, Sept. 15, 1947).

Jacobs, 1942: On the energy exchange between sea and atmosphere. Jour. Mar. Res., **5**, No. 1, 1942.

Miyazaki, M.: The Heat Budget of the Japan Sea. Bulletin of Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory, No. 4, March, 1952. H.R.F.R.L., Hokkaido, Japan (in Japanese).

Sverdrup, H.U. et al, 1946: "The oceans, their physics, chemistry and general biology" Prentice-Hall, INC., New York.

Tokai Regional Fisheries Research Laboratory: The observed data of the oceanographical investigation carried out by the R. V. "Tenyō-maru" in the North-Western Pacific during Summer in 1953, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, Japan (not yet issued).

Watanabe, N., 1952: A report on the oceanographical observations made in the salmon fishing ground located in the north-western Pacific from May to July, 1952. (in Japanes). Dec. 1952, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, Japan.

Appendix: Table of Observational Data aboard the R. V. "Tenyo-maru" in the North-Western Pacific during eary summer, 1953

Period	St.	Date	Location		θ°C		S‰		θ_a °C	θ_a'* °C	C%	W_a m/s	P_{mb}
			Lat. L	Long. E	0m	10m	0m	10m					
the 1st (18, June~1, July)	25	M d 6-18	° ′ 52-46	° ′ 170-48	5.40	5.07	33.22	33.22	6.2	5.8	100	7.0	1017.2
	27	20	50-17	171-13	5.40	5.11	33.12	33.04	4.6	4.4	100	4.5	1019.9
	28	26	51-10	164-00	5.20	4.79	33.22	33.22	7.8	6.4	100	1.0	1015.3
	29	27	51-07	165-22	5.20	4.82	33.13	33.15	5.6	5.4	100	4.5	1018.9
	30	29	52-03	166-12	5.00	4.67	33.08	33.10	5.6	5.4	100	9.4	1013.2
	31	30	52-57	166-07	4.90	4.63	33.10	33.06	5.8	5.6	100	9.4	1012.6
	32	7- 1	52-32	168-38	4.90	4.63	33.04	33.10	6.0	5.8	100	9.4	1013.2
	33	1	52-22	170-10	5.40	5.12	33.22	33.22	6.2	6.0	100	4.5	1017.2
	34	1	52-22	171-55	6.40	6.24	33.01	33.01	6.0	5.8	100	4.5	1019.9
	Mean				5.32	5.01	33.13	33.12	6.0	5.9	100	5.0	1016.3

$\bar{\theta}_{w\cdot 0-10m}=5.16$°C $\quad \theta_{w\cdot 0}-\bar{\theta}_{w\cdot 10}=0.31$°C $\quad \bar{\theta}_a-\bar{\theta}'_a=0.1$°C $\quad e_a=0.12$ mb

$\bar{S}_{0-10}=33.13$‰ $\quad \bar{\sigma}_t=26.21$ $\quad e_w=0.98\ (e_{\theta w\cdot max})=8.65$ mb

Period	St.	Date	Location		θ°C		S‰		θ_a °C	θ_a'* °C	C%	W_a m/s	P_{mb}
			Lat. L	Long. E	0m	10m	0m	10m					
the 2nd (5~12, July)	35	M d 7- 5	° ′ 52-21.5	° ′ 173-28	6.70	6.86	33.19	33.17	6.8	6.2	unknown	2.0	1017.2
	36	8	52-17	173-24	7.50	7.01	33.10	33.12	9.2	8.4	0	4.5	1015.9
	37	8	51-24	174-07	8.20	7.78	32.85	32.81	9.0	8.0	0	4.5	1016.6
	38	8	50-28	174-44	7.80	7.65	32.90	32.90	6.4	6.2	100	4.5	1019.9
	39	9	49-31	172-58	6.60	6.33	33.01	32.99	7.0	6.8	100	4.5	1018.6
	40	9	48-48	171-08	6.00	5.89	33.10	33.10	7.6	7.0	unknown	2.0	1015.9
	41	10	48-39	169-11	5.80	5.42	33.00	33.00	6.4	6.2	100	2.0	1014.6
	42	10	48-56	167-18	6.10	5.82	33.12	33.12	7.0	6.6	100	4.5	1011.5
	43	11	49-09	165-46	6.20	5.95	33.13	33.13	7.2	6.8	100	4.5	1010.6
	44	11 12	49-35	164-05	6.80	6.57	33.15	33.17	6.8	6.6	100	4.5	1014.6
	Mean				6.77	6.53	33.06	33.05	7.4	6.9	75	3.0	1016.7

$\bar{\theta}_{w\cdot 0-10m}=6.65$°C $\quad \theta_{w\cdot 0}-\bar{\theta}_{w\cdot 10}=0.24$°C $\quad \bar{\theta}_a-\bar{\theta}'_a=0.5$°C $\quad e_a=9.38$ mb

$\bar{S}_{0-10}=33.05$‰ $\quad \bar{\sigma}_t=25.94$ $\quad e_w=0.98\ (e_{\theta w\cdot max})=9.59$ mb

* θ'_a...Temperature observed by wet valve.

Critical Studies on the Analytical Methods for Minor Chemical Constituents in Sea Water (Part 3)*

—Remarks on the Method of Estimation of Nitrate-nitrogen by Means of Reduced Strychnine Reagent—

by

Rinnosuke FUKAI**

Abstract: The method for estimation of nitrate-nitrogen by means of reduced strychnine reagent has been studied by using both Duboscq and Coleman colorimeter. Some remarks concerning specific sensitivity of reagent batches, the preparation of the reagents and procedures for color comparison have been accumulated through a number of routine determinations and summarized in the present paper.

INTRODUCTION

The quantitative estimation of nitrate-nitrogen in natural waters has been regarded as one of the most difficult problems involved in water analysis. First of all, reagents which are useful in case of fresh water are not available for sea water samples due to the retarding action of salts which occur in sea water. Since Harvey (1929) [1] applied the reduced strychnine reagent proposed by Denigès (1911) [2] to the estimation of nitrate in sea water, the reagent has generally adopted up to now by various investigators in spite of occasional propositions of critical opinions [3] about reliability of the results obtained. Throughout the period a large number of improvements on the reduction procedure have been made, including the preparation of strychnidine reagent proposed by Zwicker and Robinson (1944) [4], an improved procedure by Rochford (1947) [5], a reduction procedure by means of liquid amalgam by Matida (1951) [6] and so on. Recently, Chow and Robinson (1953) [7] has studied on the quite different ground a polarographic method for nitrate analysis in the presence of uranyl ion. However, there will be yet many chances for adopting reduced strychnine reagent for studies in the field of chemical oceanography.

Since 1950 amounts of analyses have been made in the laboratory of the author by adopting the Harvey's original method and more recently the Matida's method. Through experiences of various failures during the period, some remarks for applying the method to the actual determination have been accumulated as reported in the present paper.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

1. Visual Color Comparison and the Use of Coleman's Nephocolorimeter — A Coleman's Nephocolorimeter has been in use for the recent color comparison and optical measurements in stead of a Duboscq colorimeter applied to the preceding comparison by human eyes.

In case of the visual color comparison, a safranine solution was employed as a color standard. Throughout the period for the experiments, the color of 0.002% safranine solution was defined as 100 color units for the sake of convenience.

Figs. 1 and 2 show absoption curves for safranine solutions (20, 50 and 100 color units) and for nitrate solutions developed by addition of the reagents, respectively, based upon the results obtained by the

* Contribution B-No. 152 from the Tokai Regional Fisheries Reseach Laboratory, Tokyo, Japan. Received Dec. 15, 1954.

**Tokai Rigional Fisheries Research Laboratory.

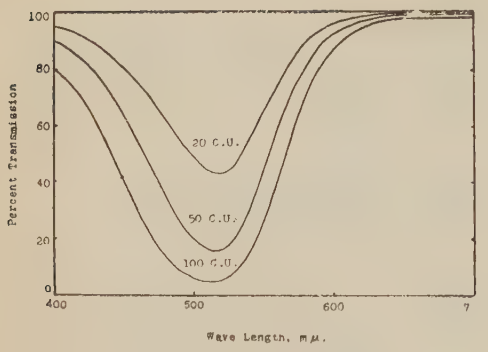


Fig. 1. Absorption curves for safranine solutions. C. U.: color units.

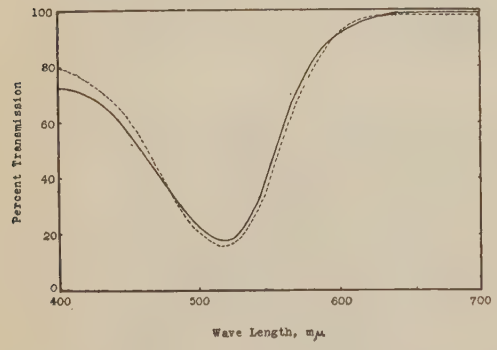


Fig. 2. Absorption curves for developed nitrate solutions (containing 50 μg. NO_3-N/1.). Solid curve: Developed by Harvey's reagent. Broken curve: Developed by Matida's reagent.

Coleman colorimeter covering wave lengths of 400–700 mμ. It is obvious from the figures that there is close agreement between types of the absorption curves for safranine and developed nitrate solutions, except that in the adjacent range to ultraviolet the type of the curve for color resulted from the addition of Harvey's reagent differs somewhat from the others. The maximum absorptions takes place at a wave length of 520 mμ.

Relationships between color units (concentration) of safranine solution and corresponding optical densities are given in Fig. 3. In the figure, as an example, have been added relationships between optical densities of developed nitrate solutions, having gradients of coloration almost as same as that of safranine solution, and corresponding concentration of nitrate. These curves are also in good agreement with each other, except some differences in the higher concentrations.

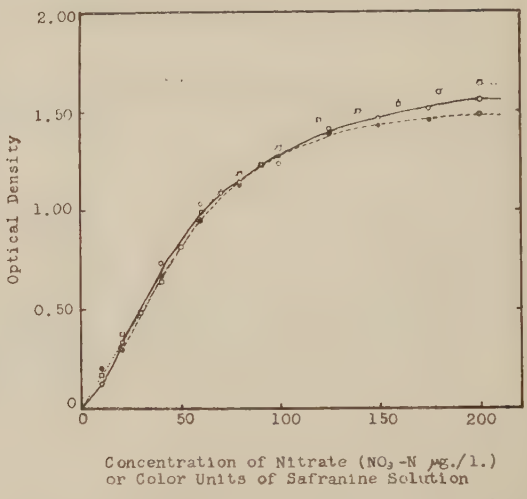


Fig. 3. Relationships between concentrations and optical densities of safranine and developed nitrate solutions. Solid curve: Developed by Harvey's reagent. Broken curve: Developed by Matida's reagent. Dotted curve: Safranine solution.

The facts that the types of the absorption curves of safranine and developed nitrate solution are similar and that the relationships between concentrations and optical densities for both solutions are also similar may suggest that *color units* defined for color comparison performed by Deboscq colorimeter and *optical densities* measured by means of Coleman's colorimeter at 520mμ are convertible each other although the meaning of each term are quite different.

Furthermore, it may be deduced from Fig. 3 that for the coloration of either safranine or nitrate solution the Beer's law is held within the range of coloration up to 70 color units, while accurate determinations cannot be made above the color units unless dilution of samples is carried out. Therefore, reagent batches having too much sensitivity are sometimes inconvenient for routine measurement.

2. Specific Sensitivities of Reagent Batches Prepared — Since safranine color units and optical densities at 520 mμ of a solution are convertible as described above,

values obtained by means of Coleman colorimeter were converted to the color units on which specific sensitivities for reagent batches were founded. In this case, "specific sensitivity" of a reagent batch was defined as the number of color units measured on the color developed when the reagent was added to a solution of 100 μg. NO_3-N/1.

Table 1 is a summary of specific sensitivities obtained for all of the reagent batches hitherto prepared.

Table 1
Sensitivity of reagents

Haruey's procedure						Matida's procedure		
Prep. No.	S	Dev.	Prev. No.	S	Dev.	Prev. No.	S	Dev.
H- 1	77	17	H-16	65	5	M- 1	156	68
H- 2	51	— 9	H-17	89	29	M- 3	70	—18
H- 3	62	2	H-18	88	28	M- 5	52	—36
H- 4	34	—26	H-19	79	19	M- 6	60	—28
H- 5	32	—28	H 20	55	— 5	M- 8	99	11
H- 7	39	—21	H-21	30	—30	M- 9	97	9
H- 8	14	—46	H-22	68	8	M-11	105	17
H-12	90	30	H-23	73	13	M-12	44	—44
H-13	87	27	H-24	46	—14	M-15	103	15
H-14	90	30	H-25	26	—34	M-16	98	10
H-15	69	9						
		Mean 60					Mean 88	

S: Specific sensitivity

As shown in the table one of the most disadvantages in reduced strychnine reagents is to have a wide range of sensitivity for reagent batches prepared, covering values of 14–90 for reagents prepared by Harvey's procedure and 44–156 for those by Matida's procedure. However, the mean specific sensitivities of reagents prepared by Harvey's and Matida's procedures are 60 and 88, respectively, standing comparison with those obtained by previous authors as shown in Table 2. Especially, the reagents prepared through Matida's reduction procedure using liquid amalgam has had excellency being match for the strychnidine reagent of Zwicker and Robinson prepared by electric reduction.

Although unavoidable fluctuations of the specific sensitivities in adopting both procedures have revealed no cause, the author

Table 2
Mean sensitivities obtained by various investigators

Authoiry	Procedure Adopted	Mean specific sensitivity
Cooper (1932)[8]	Harvey's procedure	31 — 44
Zwicker and Robinson (1944)	Strychnidine reagent	90 — 100
Rochford (1947)	Modified Harvey's proc.	80 — 160
Fukai (1954)	Harvey's proc.	60
	Matida's proc.	88

has found that when liquid amalgam was applied to the preparation of reagents, their sensitivities much lowered during the repeated reduction processes due to falling in reduction power of liquid amalgam, unless fresh zinc was replenished. Consequently, the fresh supply of zinc should be recommended for every ten operations of the reduction procedure.

The selection of sulfuric acid used for the preparation of the reagents has decisive importance as repeatedly pointed out by previous authors. Since the quality of sulfuric acid varies depending not only on every maker but also on the different preparation batches from the same maker, it

Table 3
Reproducibility of reagents

Batch No.	H-24				M-16			
Conc.	50 μg		100 μg		50 μg		100 μg	
Series No.	C.U.	Dev.	C.U.	Dev.	C.U.	Cev.	C.U.	Dev.
1	24	0	51	0	54	0	110	13
2	25	1	52	1	51	—3	80	—17
3	26	2	51	0	51	—3	91	— 6
4	23	—1	53	2	53	—1	100	3
5	22	—2	56	5	53	—1	100	3
6	26	2			56	2	98	1
7	27	3	46	—5	62	8	100	3
8	22	—2	48	—3	53	—1		
9					57	3	94	— 3
Mean	24		51		54		97	
U^2	4		11		12		76	
Rejection limits	± 5		± 9		± 8		±22	

Unit of concentration: μg. NO_3-N/1.

would be safe to use sulfric acid after distillation.

3. Reproducibility of the Reagents — In Table 3 are given reproducibilities of reagents based upon the results obtained from different dates of analyses. It may be concluded from the table that the reproducibility of a reagent is fairly sufficient even in different conditions on different dates, so that the estimation would be made with much less errors than rejection limits illustrated here when the same conditions are followed.

4. Fading of the Developed Color—It has well known that fading of developed coloration caused by exposure to light would decidedly affect the results of the nitrate estimation. However, no quantitative result on the fading phenomena has been reported. In Fig. 4 are shown two examples

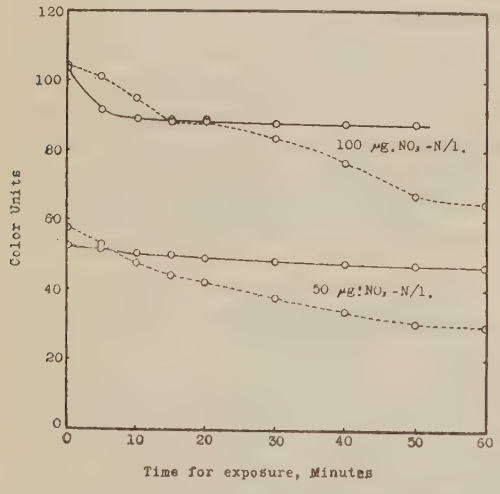


Fig. 4. Fading of developed color caused by exposure to light. Solid curves: For a relatively light condition. Broken curves: For a darkened condition.

from a number of experimental results obtained when developed color of samples was exposed to diffused light in a room. One of these examples stood in lighter luminosity and the other in the shade of a cutain. From the figure it may be stated that processes of the fading are so different according to conditions of light or reagent batches that a conclusive relationship between color intensities and exposure to light has not been obtained. However, on one hour exposure 10–50% falling of optical densities has occurred. Since this falling tends to occur at the beginning of the expasure, precautions should be paid when the color comparison is to be made under an open light.

In Fig. 5 the initial absorption curves for nitrate coloration are compared with those obtained after the fading started. The differences in types of the curves are evident between the initial and faded conditions.

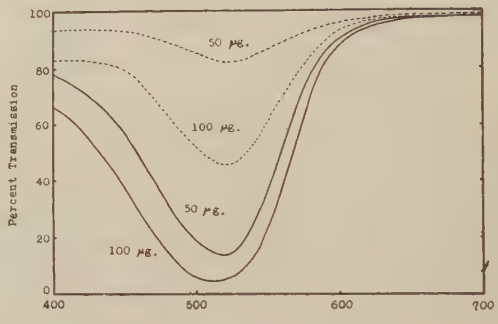


Fig. 5. Absorption curves for initial nitrate coloration and those for faded coloration. Solid curves: For initial. Broken curves: For faded.

SUMMARY

Remarks on the method for the estimation of nitrate-nitrogen by using the reduced strychnine reagent have been reported. The main points of the present discussion are as follows:

1. There has been close agreement between the types of absorption curves for safranine solution used as color standard and the developed nitrate solution.

2. The maximum absorption of these colorations took place at a wave length of 520 mμ.

3. It has been suggested that color units defind on the basis of safranine solution for visual color comporison and optical densities measured by Coleman colorimeter at 520 mμ are convertible each other.

4. The Beer's law for the coloration of either safranine or nitrate solution has been conformed up to 70 color units.

5. The mean specific sensitivities of reagent batches prepared by Harvey's and

Matida's procedures are 60 and 88, respectively, standing comparison with those obtained by previous authors.

6. The author has found that when liquid amalgam was applied to the reduction, sensitivity of reagents produced much lowered during repeated reduction processes unless fresh zinc was replenished.

7. It may be concluded that the reproducibility of the reagent is fairly sufficient for Studies in the field of chemical oceanography.

8. Fading of developed color tends to occur at the beginning of the exposure to light.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his hearty thanks to Dr. Yoshihiro Matida of the Fresh Water Fisheries Institute and Dr. Zinjiro Nakai of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory for their valuable suggestions during the course of the study. Thanks for the able assistance go to Miss S. Kojima, whose technical skill is highly appreciated.

REFERENCE

(1) H. W. Harvey (1929): "Concerning method for estimating phosphates and nitrates in sea water," Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Perm. Intern. pour l'exploration de la mer, **53**, 100.

(2) G. Denigès (1911): "Recherche rapide des nitrates et des nitrites dans les eaux à l'aide d'un nouveau réactif hydro-strychnique," Bull. Soc. Chim., **11**, 544.

(3) T. G. Thompson and M. W. Johnson (1930): "The sea water at the Puget Sound Biological Station from September, 1928 to September, 1929," Publ. Puget Sound Biol. Station, **7**, 345.

(4) B. M. G. Zwicker and R. J. Robinson (1944): "The photometric determination of nitrate in seawater with a strychnidine reagent," reagent," Jour. Mar. Res., **5**, 214.

(5) D. Rochford (1947): "The preparation and use of Harvey's reduced strychnine reagent in oceanographical chemistry," Bull. Council for Sci. and Ind. Res., No. 220.

(6) Y. Matida (1951): "New method of preparation of reduced strychnine reagent for the nitrate determination in sea water," Bull. Chem. Soc. of Japan, **24**, 254.

(7) D. T. Chow and R. J. Robinson (1953). "Polarographic determination of nitrate in sea water," Jour. Mar. Res., **12**, 1.

(8) L. H. N. Cooper (1932–33): "The determination of nitrate in the sea by means of reduced strychnine," Jour. Mar. Biol. Assoc., United Kingdom, **18**, 161.

[Reprinted from the Bulletin of the Chemical Society of Japan, Vol. 28, No. 9 (1955)]

*On the Main Chemical Components dissolved in the Adjacent Waters to the Aleutian Islands in the North Pacific**

By Rinnosuke Fukai and Fumiko Shiokawa

(Received May 23, 1955)

Introduction

The authors have studied the main components dissolved in the sea water collected in the region adjacent to the Aleutian Islands. The chemical components dealt with in this paper are chloride, sulfate, sodium, magnesium, calcium and potassium ions.

Since Dittmar[1] reported the composition of oceanic salt obtained from various regions of the world, it has been well known that the abundance ratios between main ions dissolved in sea water are in good agreement for any locality of the whole ocean. Nevertheless, it has been also known that there are some exceptional cases where slight dis-

* Contribution B-No. 208 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, Japan.

1) W. Dittmar, "Challenger Report, Physics and Chemistry", Vol. 1 (1884).

agreement is found due to local circumstances such as inflow of a large river or explosion of a submarine volcano. At the present step of chemical oceanography, it is to such a local difference in the main dissolved components that attention has been called.

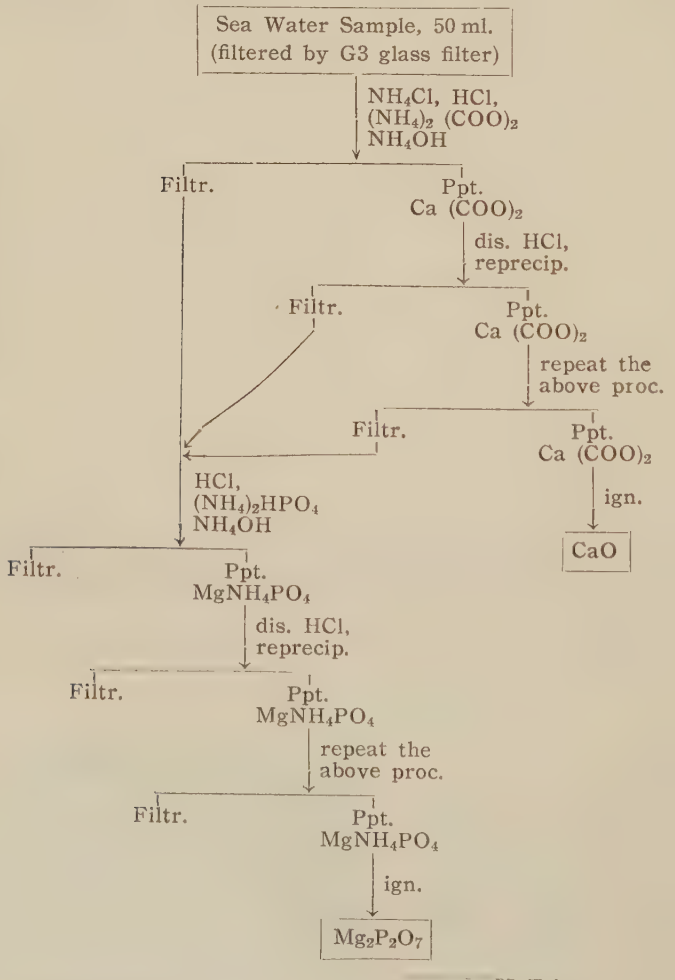
The region under study is located in the north end of the North Pacific, as shown in Fig. 1 of the previous report[2], being under the effect of polar conditions. In this paper, the authors mainly examined whether or not the ratios between the main components in the waters of this region show any difference when compared with those in other regions. Investigations concerning the subject in the region under study have scarcely been carried out except in the case of that made by Ratomanov et al[3], which seems to involve some results to be reexamined.

Samples and Analytical Methods

As mentioned in the previous report, a marked minimum of water temperature is found in the region in question at a depth of about 100 m. It may accordingly be expected that the deviations from the normal values of the ratios between the main dissolved components presumably would be centered at the depth, if the deviations should be caused by freezing or other phenomena relating to low temperature. For this reason the following samples were selected from those collected in the areas under study, the Bering Sea area and the North Pacific area, keeping the above view in mind. They are respectively water samples from the surface layer (10–25 m.), the temperature minimum layer (75–100 m.) and the deep layer (about 1000 m.) in each area. Each sample was prepared by mixing equally water samples collected at several stations situated in the same area. In addition to these, two surface water samples were analyzed, one of which was

TABLE I

SCHEMES OF SEPARATION PROCEDURES FOR CALCIUM AND MAGNESIUM

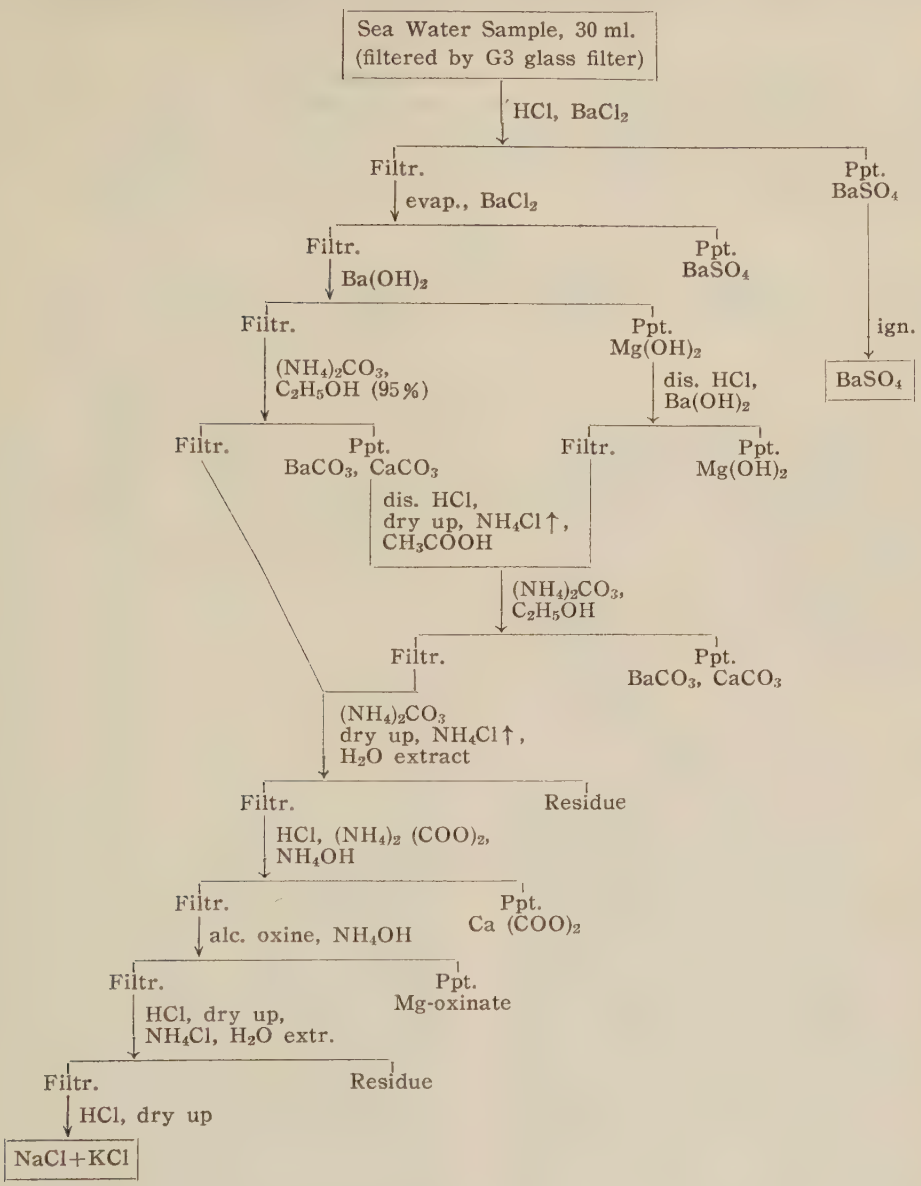


2) R. Fukai, This Bulletin, 27, 402 (1954).

3) C.E. Ratomanov et al, "Research of the Sea", Vol. 2, Moscow, 1936 (in Russian with English summary).

TABLE II

SCHEMES OF SEPARATION PROCEDURES FOR SULFATE, SODIUM AND POTASSIUM



obtained in the vicinity of an island and the other at Station 24 (just above Bowers Bank where upwelling was taking place).

Gravimetric methods of analysis have been adopted for all components except for chlorine determination. Ordinary procedures have been followed so that strict comparison with former data can be made. Outlines of procedures are shown schematically in Tables I and II. Accidental errors have been avoided by means of checking analyses from time to time on artificial sea water containing known quantities of each component.

Total amounts of alkali metals were determined as chlorides and potassium was precipitated by

TABLE III

PERCHLORATE METHOD FOR SEPARATION OF ALKALI METALS COMPARED WITH CHLOROPLATINATE METHOD

Method		K mg. (added)	K mg. (found)	
			Perchlorate	Chloroplatinate
KCl	solution	13.04	13.03	13.30
		〃	12.77	13.03
KCl+NaCl	solution	13.04	13.21	13.34
		〃	13.18	

added NaCl: 842 mg.

perchloric acid instead of chloroplatinic acid. No significant difference was recognized between the values obtained by these two different methods as shown in Table III.

Results and Discussion

Analyses have been carried out two or three times for each sample and the averaged values obtained are given in Table IV in terms of ratios to chlorinity.

Table IV

Results of analyses in terms of ratios to chlorinity

Location and Depth	Cl ‰	SO_4	Na	K	Mg	Ca
Aleutian Region						
Bering Sea Area						
surface	18.38	0.14054	0.5554	0.02090	0.06625	0.02137
temp. min. 100 m.	18.51	.13853	.5544	.02087	.06601	.02113
deep 1000 m.	19.11	.13963	.5529	.02011	.06675	.02136
N. of Semisopochnoi I. (surface)	18.43	0.13957	0.5587	0.02082	0.06580	0.02183
S. of Amatignak I.	18.04	0.14010	0.5570	0.02171	0.06623	0.02181
North Pacific Area						
surface	18.41	0.14048	0.5572	0.02055	0.06687	0.02172
temp. min. 100 m.	18.45	.13918	.5512	.02174	.06648	.02135
deep 1000 m.	19.17	.13937	—	—	.06632	.02171
Average	18.56	0.13968	0.5553	0.02096	0.06632	0.02154
Kuroshio Region						
Average 33° 50'N 139° 45'E	19.32	0.13993	0.5561	0.02125	0.06627	0.02128
Rejection limit (level of sign. =0.05)		±0.00147	±0.0081	±0.00125	±0.00113	±0.00052

In Table IV are included also the averaged values for the Kuroshio region calculated from the results of the analyses carried out six times by the present authors. On the basis of the six values, rejection limits were computed for each component. Regarding the limits as a measure, no significant difference is found between the samples collected from the Aleutian region. However, systematic deviations from averaged values are noticed even within the limits. For example, the sulfate as well as sodium in the layer of temperature minimum are lower than each averaged value, both in the Bering Sea area and the Pacific area.

The fact may suggest that a small amount of sodium sulfate has been removed from the sea water by some process. Quantitatively, there is a considerable gap between the equivalents of sulfate and sodium depleted in the sample obtained from the Pacific area, while the equivalents in the Bering Sea area are in the same order, namely 0.44 and 0.66 milli-equivalents for sulfate and sodium, respectively. This may relate to the fact that microcrystals of sodium sulfate are deposited in lattices of ice crystal, upon being removed from sea water, when sea water is frozen in a refrigerator[4].

On the other hand, the tendency of relative increase in sulfate is recognized in the surface layer, suggesting the effect of dilution by melting ice.

Although the mechanism of the change in relative abundance of the dissolved components may be complicated, it may qualitatively be explained as follows. When sea water is cooled from the surface until it forms ice, the sea water should be separated into two phases, namely solid ice phase occluding a smaller amount of salts and a liquid phase containing a concentrated amount of salts. At this time the relative concentration of sodium and sulfate ions in the solid phase may occur. Owing to the concentration of salts in the liquid phase by the separation of the ice phase, the density of the sea water under the ice layer may increase and sink downward by convection process, until the balance of density will be acquired. Thus, the temperature minimum layer having lesser concentration of sodium and sulfate ions may be formed. On the other hand, when the ice is melted, water may have lower density remaining in the surface layer, thus, the relative concentration of sodium and sulfate ions may result.

In Table V the values obtained by the present authors for the Aleutian and Kuroshio regions were compared with those obtained by previous workers for various regions[5].

4) G.J. Lewis and T.G. Thompson, *Jour. Mar. Res.*, 9, 211 (1950); K.H. Nelson and T.G. Thompson, *Jour. Mar. Res.*, 13, 166 (1954).

5) T.G. Thompson and R.J. Robinson, "Geophysics of the Earth, V, Oceanography, Chemistry of the Sea" (1932).

TABLE V

AUTHORS' RESULTS COMPARED WITH OTHER DATA OBTAINED BY VARIOUS INVESTIGATORS

Author	Lyman & Fleming (1940)	Thompson & Robinson (1932)	Miyake (1939)	Ratomanov et al. (1936)	Fukai & Shiokawa (1954)	
Location	Average	North Pacific	Kuroshio	Bering Sea	Kuroshio	Aleutian
SO_4	0.1394	0.1396	0.1397	0.1398	0.1399	0.1397
Na	0.5556	0.5495	0.5497	0.5533	0.5561	0.5553
K	0.0200	0.0191	0.0191	0.0187	0.0213	0.0210
Mg	0.06695	0.06694	0.0676	0.0659	0.06627	0.06632
Ca	0.02106	0.02150	0.02155	0.02277	0.02128	0.02154

The values for calcium in the table have been corrected for strontium on the basis of the value determined by Lyman and Fleming[6], although the strontium determination has not been carried out by the present authors.

Ratomanov mainly referred to Dittmar's values and stated that calcium, sodium and sulfate were higher as shown by the percentage of total salt, while magnesium and potassium were lower in the Bering Sea. However, these characteristics have not been revealed from the results of the present authors' analyses.

The results obtained by the present authors seem to be in close agreement with those obtained by previous authors both in the Aleutian and Kuroshio regions except for the higher potassium values. The cause of these systematic higher values for potassium is not obvious.

Whereas Miyake[7] pointed out that magnesium in the Kuroshio region was higher, the authors' result shows a rather lower value.

The facts mentioned above may indicate that the mixing of water masses is prevailing in the Aleutian region as a part of the oceanic circulation of the Pacific. Nevertheless, it should be noted that slight deviation from the normal composition may appear.

It has been open to doubt whether the results of freezing experiments of sea water in a laboratory can be applied to the interpretation of natural conditions[8]. As a conclusion, the possibility of change in relative abundance of dissolved components of sea water by natural freezing should be suggested.

6) J. Lyman and R.H. Fleming, *Jour. Mar. Res.*, 3, 134 (1940).

7) Y. Miyake, This Bulletin, **14**, 29 (1939).

8) H.U. Sverdrup, M.W. Johnson and R.H. Fleming, "The Oceans, their physics, chemistry and general biology", Prentice-Hall, INC., New York, 1952, P. 219.

Summary

The authors carried out the analyses of the main dissolved components of sea water on the samples collected from the Aleutian region in order to examine the local characteristics of the region under study. At the same time the samples collected from the Kuroshio region were analysed to check the systematic errors introduced. The results were expressed in terms of ratios to chlorinity.

As a result, the following conclusions have been deduced.

1. The relative decrease in sulfate and sodium equivalents was recognized on the samples collected from the layer of temperature minimum. This seems to relate to freezing phenomena of sea water.

2. A tendency of sulfate increase in the surface samples was noticed.

3. Averaged values for the Aleutian region were in close agreement with those for the Kuroshio region, both having been obtained by the present authors. The values also coincided with those obtained by other workers, except for higher potassium values.

These facts may indicate that although the water masses existing in the Aleutian region are, on the whole, a portion of the oceanic circulation of the Pacific, a slight deviation from the normal composition appears in the main components in some characteristic layers.

Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo

增　　殖

MARINE PROPAGATION

東京湾に於けるヒトデの産卵期について

猪野　峻・相良順一郎・浜田颯子・玉河道徳
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第一号　別刷
昭和三十年五月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 1, May 1955

東京湾に於けるヒトデの産卵期について

猪野 峻・相良順一郎・浜田颯子・玉河道徳
(東海区水産研究所)

On the Spawning Season of the Starfish, *Asterias amurensis*, in Tokyo Bay

Takashi INO, Jun'ichiro SAGARA,
Sakko HAMADA and Michinori TAMAKAWA

During the period from October 1953 to March 1954 innumerable number of starfish, *Asterias amurensis*, made a sudden attack on the clam beds along the coast of Tokyo Bay and devoured large quantities of cultured clams. At that time the spawning season of these starfish was inferred to be either May or July from the fact that the same species spawns in these months in different localities.

However, a series of field surveys consecutively conducted since the outburst of this predator have led us to the conclusion that its spawning season extends from January to April with the peak in late February through early March(Fig. 1 and Table 1).

The water temperature in Tokyo Bay during the above mentioned spawning season approximates to that in the coastal waters of Hokkaido in July, when the starfish is known to spawn in this locality(Fig. 3). In addition, young starfish with arm lengths measuring about 5 mm. were found in abundance through the early half of March, attaching on the colonies of *Styela plicata* LESUEUR and *Corella japonica* HERDMAN etc. (Fig. 2).

These pieces of evidence may be sufficient to support the view that the majority of this starfish spawn in late February through early March in Tokyo Bay.

緒　　言

1953 年 10～ 11 月頃から東京湾沿岸殊に浦安地先，羽田沖の養貝場にヒトデ *Asterias amurensis* が大挙来襲して沿岸二枚貝類に大きな被害を与えたが，その駆除対策を確立するために必要な生態的知識が欠けている。我々は水産庁調整第二課，東京大学，東京都及び千葉県，神奈川県各水産試験場と協同で，そのヒトデの生態学的研究を行っているが，ここでは主として千葉県浦安地先で採捕したヒトデの産卵期に就いて調査した結果を報告する。

材料及び方法

1954 年 2 月より 1955 年 1 月迄，毎月 2, 3 回 dredge を用いて，浦安沿岸で採集した材料から 100 個体とり (100 個体に充たない時は全数)，生殖巣の熟度を調査した。7 月以降は深海に移動したものか，又は夏季の高水温による斃死か，殆んどその姿を見ず，浦安沿岸で採捕が困難になったので，羽田沖，神奈川県沖合で採集した材料により資料を補つた。

結　　果

(1) 生殖巣の形状と熟度

本種は雌雄異体で体外受精であるが，雌雄の区別は外部形態では判別することが出来ない。産卵期になり生殖巣が成熟すると，雌のそれはオレンヂ色を呈し，雄ではそれが雌の色よりも薄くやや黄色を帯びている。胞嚢は葡萄状をなして連なり，樹枝状に分岐している。この生殖巣は各腕の両側にあり，腕の基部から先端に向つて延びている。生殖巣は成熟するに従つて大きくなり，その長さを増して行き，産卵期には殆んど腕の先端部迄充満する様になる。放卵放精後にはそれは漸次萎縮して黄褐色になり，性の識別は困難となつて

1955 年 4 月 12 日受理　東海区水産研究所業績 B 第 212 号 (印刷費負担)

やがて腕の基部に痕跡のみとなる。小さい個体は大型のものに比較して生殖巣の長さは短かい，胞嚢は腕の基部に近いもの程その膨みが大きくて，先端部よりも熟度は進んでいる。1954 年 1 月 23 日の材料を切片標本として検鏡した結果によると，卵がかなりの程度に発達し，又精蟲の形成を認めた。2 月中旬には実

Table 1. Seasonal change in maturity as indicated by the mean values of G.L./A.L. x 100.

Arm length (mm.)	February 1954			March 1954			April 1954			May 1954			January 1955	
	♂	♀	?	♂	♀	?	♂	♀	?	♂	♀	?	♂	♀
41—50		34	34	12	8	14	17	—	—	—	—	51	—	22
51—60	43	39	28	30	35	13	29	22	—	29	—	15	23	44
61—70	60	48	22	45	45	20	22	25	16	19	28	17	34	25
71—80	62	60	—	50	34	20	25	22	18	24	23	18	57	40
81—90	66	70	—	55	33	20	23	29	20	25	25	21	59	52
91—100	72	85	—	52	54	17	25	27	18	23	24	17	61	—
101—110	—	100	—	—	42	16	20	10	16	30	16	23	—	39
111—120	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	36	—	—	—
121—130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—

The samples were collected in Urayasu area of Tokyo Bay.
A.L. : arm length (the radius from the center of disk to the end of arm).
G.L. : length of gonad

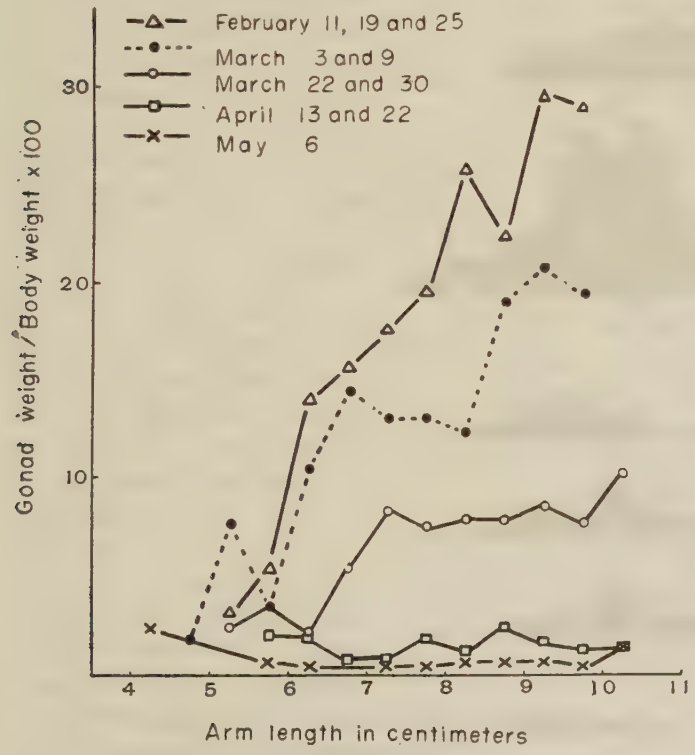


Fig. 1. Relationship between the arm length and maturity of the samples collected from Urayasu area during February to May, 1954.

験室内で容易に人工受精を行うことが出来た。この時の飼育槽中の水温は 9～12°C で成熟卵の径は 150～160 μ であつた。*また 2 月下旬から 3 月上旬には，水温 11°C の水槽中で自然放出するのを観察することが出来た。生殖口は各腕の両側背面基部に開口していて，産卵が始まると生殖質は 10 箇所の生殖口から継続的に放出される。

（2） 腕長（A.L.）と生殖巣の長さ（G.L.）との関係

腕長は腕の先端から disk の中心までの距離を測定し，なお生殖巣は 5 本の腕にほゞ同じ大きさで発達しているので，1 腕の片側のみを測定した。腕長に対する生殖巣の長さの百分率を求め，1954 年 2～5 月迄と，翌年 1 月のものを第 1 表に示した。この百分率は 2 月に最大となり，3 月以降減少する。

（3）体重（B.W.）と生殖巣重量（G.W.）との関係

5 腕の完全な個体の体重を計量し，生殖巣重量は 1 腕の片側の重量を計

* 受精卵は水温 15°C 前後だと約 4 日間で *Bipinnaria* になる。

のものは生後満1ケ年と考えられるが，この点については今後の研究に俟つ次第である。

終りに臨み本研究に御協力を戴いた伊藤良信，加納嘉市，奥谷喬司の諸氏に謝意を表す。

文　　献

1) 林　良二：“東京湾を襲うヒトデ” 遺伝，8 (5)；4～7，(1954).

2) 猪野　峻：“海を荒すヒトデ” 自然，9 (7)；26～31，(1954).

3) A. D. Mead：“The Natural History of the Star-Fish.” *Bull. U. S. Fish. Comm.* 19；203-224. (1901).

4) 東京都水産試験場：“東京湾産ヒトデ *Asterias amurensis* Lutken について”，東水試出版物通刊 87 号 (1954).

*** 1954 年3月 18 日日本学術会議ヒトデ問題協議会に於いて陳述。

**** 海洋調査要報，第 74 報.

漁具　漁法

FISHING GEAR AND METHODS

網糸と網糸とが擦れ合つて起こる摩耗—I.

宮 本 秀 明・高 山 博 充
(東海区水産研究所)

Durability of Netting Threads Against Self-Friction——I.

Hideaki MIYAMOTO and Hiromitsu TAKAYAMA

Pervious works on the wearing process of netting threads were concerned in friction of thread against solid matters.[1-3] In the present study, the friction between threads of a fishing net itself has been pursued in an attempt at minimizing possibility of ripping damage by improving seaming and other techniques, if any, of netting fabrication.

A modified Duplan wear tester used for the experiment had a wooden ridged runner on which was mounted one of the sample threads, a (Fig. 1). Another thread b was tightly stretched across a by means of a weight w of 500 g hanging through pulleys at the end of b. The runner was made to move back and forth on the rails at 24 cm/sec with an amplitude of 4.7 cm on both side, the threads being rubbed against each other. For wet test, the threads soaked in water were placed beneath a dripping pan. The wearing process of threads was examined by determining the breaking strength of thread a which was reduced according to the increasing numbers of friction until it was splitted by friction under the same tension. The numbers of continuous friction under different loads effective of splitting therad a were tested by changing the weight within a range of 0.25 to 1.5 kg. The sample threads consisted of both vegetable and synthetic fibers of various kinds as indicated in Tables 1 and 5; the ranges of temperatures during the test are in Tables 2 and 6.

The results of the tests revealed:

Dry threads of vegetable fibers, such as cotton and ramie, are very resistable against friction. But when moistened, the durability is reduced for about one quarter of the dry state (Tables 3, 4 and Figs. 2,3).

In case of synthetic fibers the durability is just in reverse of vegetable fibers as they are found weak when dry but strong when watered. Different durabilities are quite noticeable depending on kinds of synthetic fiber. Threads of polyamid compound are the strongest, while wet threads of polyvinyle compound equal in strength with that of vegetable fiber. Those of vinylidene-chloride are the least durable against friction (Tables 3, 4 and Figs. 2, 3).

In the test of temperature affecting the durability carried out with polyvinyle and vinylidene-chloride, a remarkable difference was found depending on temperatures of dripping water. The drips of water at 5° C made the threads about two times more durable than those watered at 20° C. The relationship between w, the tensive weight of the thread b, and n, the number of friction capable of splitting thread a, may be expressed roughly in hyparbolic curves (Fig. 6). But in most cases of thread, except ramie, the greater the n, or the smaller the w, the greater amount of friction, wn, is required for splitting the thread a (Fig. 7).

I. 緒 言

網漁具の使用中における網地の強さの減退の原因の一つとしての摩耗に関する研究は田内・安田[1]，宮本[2] 近藤[3] 等多くの人達によつて行われたが，これらの試験では何れも網糸を砂・煉瓦または土管等の異物に接触せしめて擦り合わせ，各種網糸の摩耗の遅速を比較研究した。

勿論使用中における網地の摩耗は，他物との摩擦によつて起こることが非常に多いが，一方網漁具の構成上から，網地と網地とを縫合した部分の縫合糸と網糸との間には常に糸と糸との間の摩擦が生じ，この部分の網糸を摩耗させて行く。従つて網地の縫合される部分の網糸は2本に補強し（口縄き及び緣縄き），縫合

1955 年 6 月 6 日受理 （印刷費負担） 東海区水産研究所業績 B 第 201 号

糸も網糸と同大の糸2本をもつてするのが普通である。

網地の縫合部分だけでなく，結節の附近でも網糸と綱糸との間には摩耗の起きていることが考えられる。

最近各種の合成繊維が漁網として実用化されているが，それらのうちの或る種のものでは縫合個所での網糸または縫合糸の切断事故乃至無結節網地の組交部での破網を耳にするので，これらの合成繊維は植物性繊維に較べて，網糸同士の間に起こるお互の摩擦に対して相当な違いがあるのではないかと考え，それを確めるために，一・二の実験を行つたところ，こゝに興味ある，且重要な二・三の事実を発見したので報告する次第である。

Ⅱ. 試験の方法と供試材料

A）摩擦試験装置は第1図に示す通りである。即ちデユプラン式繊物摩擦試験機を一部改装したもので，モーターによつてレール上を左右に動く台Aの上に摩擦される糸 a を載せる。糸 a は台Aの幅の狭い上に載せられているので，それがずれ落ちないように4本の細い釘Bの間を通し，一定の張力で張り前後を固定する。

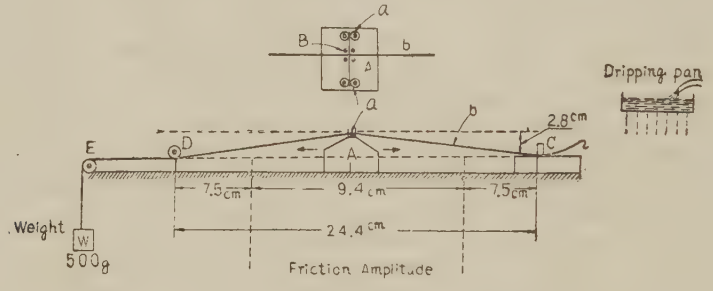


Fig. 1. Apparatus used for the experiment.

A ; Holder capable of running back and forth.
B : Nails, C ; Stopper, D.E : Pulley, W ; Weight.
a ; Thread mounted on the holder.
b : Thread stretched across a.

糸 a を摩擦する糸 b には a と同じものを使い，試験機の台上 C に一端を固定し，糸 a の上を釘Bの間から直角に通し，プーレー D,E をすぎて，他端に 500 g の鉛重錘 W を付けて一定の強さに張る。

台Aの上端は糸 b を張つた両支点 E-D を結ぶ線の高さから 2.8 cm 上方に出ている。また台Aは糸 b の張られた両支点 C-D の中心から左右に夫々 4.7 cm 宛を 24 cm/sec の速度で動く。必要と思われる装置の各部寸法は図中に表示してある。

B）実験を行つた網糸の種類は，綿糸・ラミー糸・アミラン・クレモナ・C繊維及びクレハロンの六種類である。

これらの網糸は見掛け上の太さがなるべく一様になるように選んだ。供試網糸の規格の詳細は第1表に示す通りである。

Table 1. Specifications of threads used for the experiments *

Kind of material	Number or denier	Ply/No. of yarn	Diameter		Weight		Number of the twists per 10 cm of length			
			mm	S.D.	mg/50 cm	S.D.	Upper twist	S.D.	Lowr twiset	S.D.
Cotton	20′S	3/24	1.18	0.05	420	9.1	26	1.3	70	4.8
Ramie	17′S	5	1.08	0.06	253	6.0	9	0.2	28	2.1
Cremona	18′S	3/15	1.11	0.08	308	7.0	16	0.8	48	0.5
New Cremona	20′S	3/18	1.10	0.08	282	5.3	19	0.5	57	1.2
C fiber **	300D	3/15	1.07	0.03	301	1.5	28	0.7	63	1.3
Amilan	210D	3/15	0.94	0.06	231	8.9	21	0.4	32	1.2
Kurehalon	300D	2/20	1.10	0.04	284	2.1	29	1.4	52	3.6

* : Indicated on the average of 12 test pieces.
** : A special kind of synthetic fiber.

C）試験は網糸 a 及び b を装置に取付け，モーターを入れて台Aを左右に動かし，糸 a を糸 b で摩擦した。

一定数の摩擦回数に対して 12 本宛を試験し，それらの抗張力並びに破断伸度を出し，摩擦回数と強さとの間の関係を見た。

実験は乾時と潤時の両状態について行つた。湿つた状態の試験では，予め網糸を 23～24° C の常温水に 2～3 日浸漬しておき，摩擦中は上から充分な水を不断に落して殆んど水中にあるのと同様な状況下に行つた。

摩擦実験時及び抗張力測定時の環境条件は第 2 表に示す通りであつた。

Table 2. Temperatures of air and water during the experiments.

	Air temp. in dry condition		Air and water temp. in wet condition.		Water temp.
			Air temperature		
	Dry-bulb	Wet-bulb	Dry-bulb	Dry-bulb	
During the friction test	27～29° C	23～24° C	24～26° C	19～22° C	23～24° C
During the test of breaking strength	24～27° C	19～24° C	24～28° C	20～22° C	23～26° C

Ⅲ. 実験結果とそれに対する考察

A. 横糸 a の場合

横糸 a の実験結果を第 3 表及び第 2 図に示す。図は原抗張力 T_0 と n 回（1 往復を 1 回とする）摩擦後の抗張力 T_n から T_n/T_0 を求めこれを縦軸に，摩擦回数 n を横軸にとつたものである。これらの表及び図から次の事実が指摘される。

1） 綿及びラミーの両植物繊維製網糸は，乾燥状態で摩擦に非常に強く，湿潤状態では非常に弱く，乾時の $1/3$～$1/4$ ぐらいになる。

2） 合成繊維製網糸は植物繊維製網糸と逆に，湿潤状態で非常に強くなり，乾時の 2 倍以上，種類によつては数倍にもなる。

3） 植物繊維の綿とラミー糸が乾時湿時共余りとび離れた値をとらないのに対し，合成繊維は種類によつて全く掛け離れた値をとるものがあり，原料や分子構造の全く異つたものが違つた性質を現わすことを如実に示している。

Table 3-1. Results of the experiments of threads a in dry condition.

Cotton

n	0	200	400	600 *	800	1000	1500	2107
Tkg	9.6	8.4	7.9	7.5	7.0	6.8	3.5	0
σ	0.22	0.83	0.51	0.64	0.61	0.94	1.94	560
E %	23.3	20.5	19.5	18.7	17.3	19.3	13.3	—
σ	0.80	4.76	0.94	1.90	1.83	3.84	3.04	—

Ramie

n	0	400	800	1200	1600	1899
Tkg	18.5	9.5	7.3	5.6	3.8	0
σ	1.50	0.65	1.57	0.92	2.36	75
E %	7.7	13.4	7.0	7.3	6.5	—
σ	0.88	4.50	5.5	0.85	0.67	—

Cremona

n	0	30	60	110	160	210	234

Tkg	12.6	11.9	11.3	10.3	8.0	6.3	0
σ	0.34	0.79	0.51	0.94	1.46	4.21	55
E %	20.3	20.0	19.3	19.4	12.3	13.4	—
σ	0.94	1.53	0.96	0.75	4.25	6.7	—

New cremona (万漁)

n	0	40 *	70 *	100 *	130 *	144
Tkg	17.5	14.6	11.0	9.6	7.6	0
σ	0.86	2.19	3.9	1.83	4.26	33
E %	24.3	22.9	15.1	17.2	14.6	—
σ	1.33	0.31	6.9	2.5	7.1	—

C fiber *

n	0	40	60	80	100	120	144
Tkg	9.6	9.2	9.2	9.0	8.7	8.7	0
σ	0.52	0.42	0.38	1.5	0.91	0.52	63
E %	28.2	26.7	26.6	26.8	26.3	26.3	—
σ	1.23	1.04	0.91	3.12	1.20	1.43	—

Amilan

n	0	500	1000	1500	2000 **	2500
Tkg	15.4	14.2	14.3	14.0	14.0	14.6
σ	0.24	0.39	0.37	0.56	0.46	0.44
E %	35.4	27.1	25.1	24.4	25.1	22.7
σ	1.43	1.17	1.63	1.28	1.35	1.16

Kurehalon

n	0	50	100	150	200	250	292
Tkg	6.1	3.6	2.3	1.8	1.4	0.9	0
σ	0.90	1.26	0.51	0.87	0.67	0.64	55
E %	29.4	24.8	15.5	16 6	16 0	13.4	—
σ	24.5	3.3	3.0	6.0	2.7	7.0	—

Note——n; Number of the friction, T; Breaking strength, E; Elongation, σ; Standard deviation.

* Dry bulb 30 °C, Wet bulb 24° C, ** Dry bulb 26° C, Wet bulb 21° C.

Table 3~2. Results of the experiments of thread a in wet condition.

Cotton

n	0	100	200	300	400	500	660
Tkg	11.0	8.4	5.7	4.4	3.7	2.0	0
σ	0.31	1.60	0.77	0.83	0.65	1.12	146
E %	29.8	15.4	14.7	12.3	13.7	10.2	—
σ	1.14	1.65	1.80	2.51	1.14	2.29	—

Ramie

n	0	80	160	240	320	400	526
Tkg	28.2	17.4	12.0	6.9	4.9	1.7	0
σ	0.85	2.85	1.91	2.00	1.50	1.50	47
E %	10.5	8.4	8.9	4.4	4.5	2.4	—
σ	1.13	0.97	0.50	0.91	1.37	1.26	—

Cremona

n	0	90	180	270	360	450	575
Tkg	9.4	4.6	3.8	2.6	1.4	0.8	0
σ	0.48	0.45	0.80	0.52	0.68	0.57	94
E %	20.3	9.6	9.7	7.7	5.9	4.4	—
σ	1.31	1.28	1.13	1.05	1.74	1.26	—

New Cremona (万漁)

n	0	80	160	240	320	400	524
Tkg	14.0	7.8	5.9	3.8	2.5	1.8	0
σ	0.81	0.70	1.19	1.79	0.90	0.43	57
E %	28.5	15.8	13.8	12.2	11.2	10.6	
σ	0.76	1.14	1.34	1.83	1.17	0.85	

C fiber

n	0	100	300	500	700	800	1069
Tkg	10.3	9.3	9.1	8.9	7.2	6.5	0
σ	0.59	0.58	0.75	0.83	2.65	3.26	65
E %	29.4	27.6	27.2	25.9	22.9	21.4	—
σ	2.11	1.20	2.03	2.11	9.0	10.1	—

Amilan

n	0	500	1000	1500	2000	25000
Tkg	13.8	13.1	12.8	12.3	12.4	11.8
σ	0.20	0.37	0.61	0.50	0.57	0.67
E %	33.2	29.8	31.7	31.3	27.6	28.2
σ	1.11	1.74	2.68	3.15	2.14	2.77

Kurehalon

n	0	80	160	240	320	400	516
Tkg	6.5	4.5	3.2	1.6	1.1	0.3	0
σ	0.65	0.71	0.67	0.88	0.99	0.17	118
E %	25.7	28.3	26.4	18.4	15.3	6.4	—
σ	4.15	4.85	5.40	9.65	2.50	4.05	—

See foot note of Table 3-1 for notations.

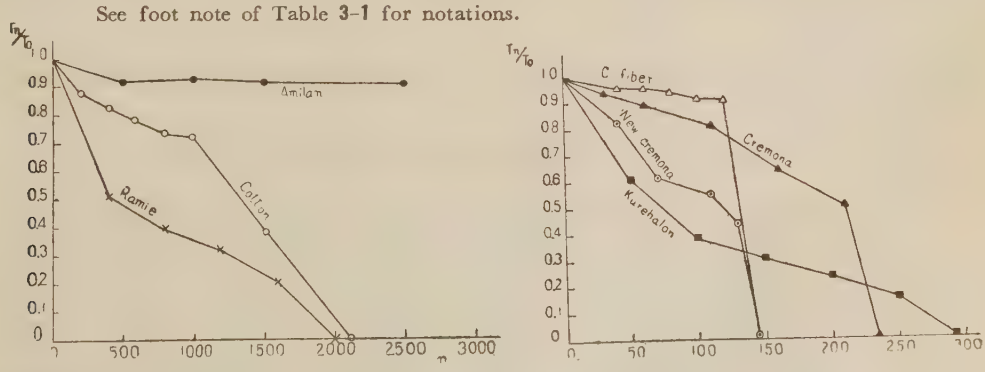


Fig. 2-1. Relation between the number of friction n and the breaking strength of thread a in dry condition.

● ; Amilan, △ ; C fiber, ○ ; Cotton, ■ ; Kurehalon, ◉ ; New cremona (Manryo), ▲ ; Cremona, × ; Ramie.

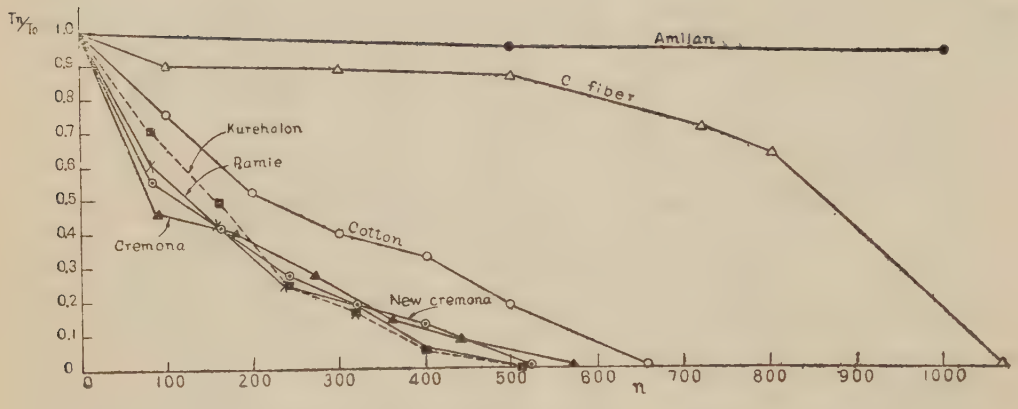


Fig. 2-2. Relation between the number of friction n and the breaking strength of thread a in wet condition.

4) 気乾状態において，クレモナとC繊維は摩擦がある限界をすぎると，弱まりが急激に進行した。

糸の摩耗の度合は勿論夫々の糸の性質により，擦り減り易いものと擦り減り難いものとがあるであろうがその難易を除外すれば，物理的な要素として糸と糸との間の摩擦力の大小が摩耗の多少を大きく左右するであろうと思われる。

綿とラミー糸は吸水して抗張力を増すのに，湿潤状態での摩耗が非常に速く進行するのは，これらの糸が乾時と湿時で摩擦力を異にすることが大きい原因ではないかと見られる。安田[4]は市販の綿とラミー糸その他の綱糸の糸と糸との間の辷りの摩擦を，糸と糸とが直交する状態で実験し，摩擦係数は乾湿時共糸の径の大小にかゝわらず同種のものは略同じ値をとること，何れの糸も湿潤のものは気乾のものより大きい値をとり，両者の比は絲の種類によつてほゞ一定であるとし，湿潤と気乾との比が綿糸では 1.34～1.57，ラミーでは 1.48～2.40 の値を得た。

合成繊維は乾時と湿時で抗張力にそれ程違いがないのに，湿潤状態で摩耗に非常に強くなるのは，乾時と湿時の状況下では摩擦による荷電・荷熱乃至摩擦係数の相違等が主な原因と考えられる。

湿潤時の実験結果で，摩擦の初期に摩耗が急激に進み，以後緩慢になるのは摩擦する糸 b の表面が摩耗の進行と共に次第に滑かに均らされ，摩擦力が小さくなること及び摩耗の進行に伴い，糸 b が糸 a を圧する面積が次第に大きくなり，糸 b が糸 a を圧する単位面積当りの圧力 P が小さくなることの二つが最大の原因と見られる。

B．縦糸 b の場合

横糸 a を擦つた縦糸 b も横糸 a によつて擦られたので，その摩耗をAの場合と同様に取纏めて第4表及び第3図を得た。

Table 4-1. Results of the experiments of thread b in dry condition.

Cotton

n	200	400	600 *	800	1000	1500	2107
Tkg	9.9	9.6	9.8	9.9	9.6	9.5	9.2
σ	0.22	0.30	0.32	0.25	0.44	0.58	0.56
E %	21.4	21.6	21.3	19.7	19.9	19.2	18.3
v	0.45	0.81	0.93	1.14	1.69	1.29	0.10

Ramie

n	400	800	1200	1600	1899

Tkg	17.6	17.0	16.5	16.0	15.0
σ	1.54	0.74	1.75	1.78	1.82
E %	6.5	5.8	5.8	5.8	7.2
σ	1.5	0.62	0.80	0.43	0.54

Cremona

n	30	60	110	160	210	234
Tkg	12.9	12.6	12.6	12.3	11.3	6.8
σ	1.18	0.85	1.12	1.36	2.56	1.24
E %	20.0	20.2	20.7	19.8	19.1	14.6
σ	0.70	1.7	2.79	1.40	2.34	1.53

New Cremona

n	40 *	70 *	100 *	130 *	200
Tkg	17.3	14.1	15.8	12.5	19.5
σ	0.95	3.7	3.24	3.53	1.38
E %	23.7	20.4	20.8	20.2	18.4
σ	1.32	2.62	2.58	2.3	1.52

C fiber

n	40	60	80	100	120	144
Tkg	10.1	8.6	8.7	8.9	8.2	7.9
σ	0.99	0.59	0.59	0.74	0.35	1.04
E %	28.3	25.8	25.2	26.1	26.1	24.2
σ	4.35	1.05	1.63	0.74	1.26	1.13

Amilan

n	500	1000	1500	2000	2500
Tkg	15.0	15.1	14.9	14.5	14.4
σ	0.37	0.25	0.31	0.20	0.55
E %	28.9	28.5	25.1	25.1	25.0
σ	1.16	2.74	2.79	1.26	1.84

Kurehalon

n	50	100	150	200	250	293
Tkg	5.9	6.1	6.1	5.9	5.7	5.5
σ	0.49	0.43	0.38	0.55	0.57	0.55
E %	27.5	26.5	26.7	26.0	26.1	24.8
σ	4.0	3.2	3.25	3.45	3.35	2.30

* Sea foot note of Table 3-1 for notation,

Table 4-2. Results of the experiments of thread b in wet condition.

Cotton

n	100	200	300	400	500	660
Tkg	10.3	9.9	9.4	8.4	8.3	7.1
σ	0.31	0.33	0.25	0.31	0.31	0.38
E %	27.9	27.8	28.1	26.7	27.4	15.1
σ	0.51	0.78	0.66	0.78	0.83	0.54

Ramie

n	80	160	240	320	400	526
Tkg	26.9	22.4	18.0	16.8	16.0	14.1
σ	0.15	0.13	0.18	0.23	0.22	0.88
E%	9.1	8.9	8.7	8.6	7.9	7.6
σ	0.28	0.80	0.68	0.51	0.88	0.51

Cremona

n	90	180	270	360	450	575
Tkg	8.4	8.0	8.1	7.4	7.0	6.5
σ	0.10	0.30	0.09	0.16	0.19	0.22
E%	19.2	19.2	19.6	18.4	18.3	17.7
σ	0.28	0.63	0.28	0.36	0.28	0.28

New Cremona (Manryo)

n	80	160	240	320	400	524
Tkg	12.8	12.2	11.7	10.6	9.5	9.4
σ	0.21	0.17	0.20	0.21	0.27	0.26
E%	30.7	29.2	29.0	27.9	27.9	26.7
σ	0.25	0.45	0.48	0.43	0.45	0.40

C fiber

n	100	300	500	700	800	1069
Tkg	8.8	8.7	10.2	9.1	8.2	7.9
σ	0.48	0.56	0.98	0.73	0.95	0.57
E%	28.1	27.2	29.2	28.2	27.6	27.1
σ	1.96	1.16	2.65	1.50	1.25	1.95

Amilan

n	500	1000	1500	2000	2500
Tkg	13.6	13.8	13.4	13.3	13.1
σ	0.10	0.03	0.10	0.03	0.04
E%	35.8	35.8	35.9	35.1	33.5
σ	0.70	0.23	0.17	0.12	0.20

Kurehalon

n	80	160	240	320	400	516
Tkg	6.0	6.2	6.5	6.2	6.1	5.8
σ	0.24	0.18	0.16	0.25	0.16	0.23
E%	25.1	25.7	28.8	27.9	27.5	28.0
σ	1.45	1.00	0.55	1.35	1.50	1.85

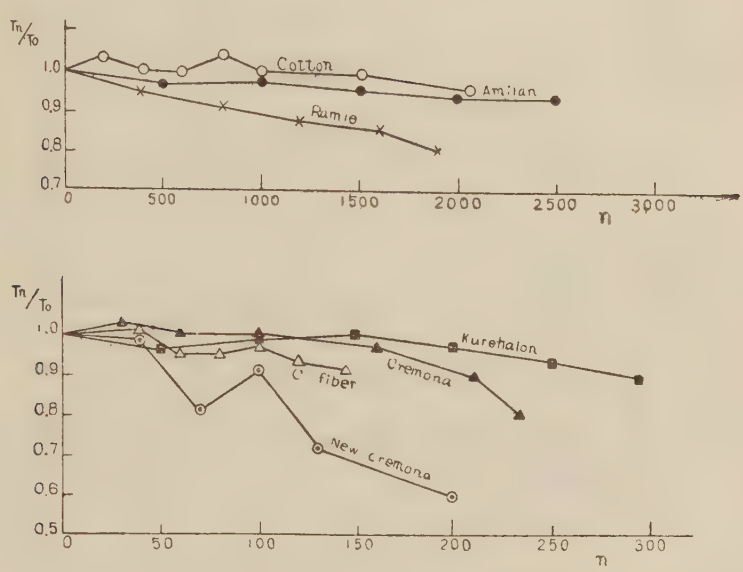
See foot note of Table 3-1 for notation.

この場合は横糸 a の結果と可成り異つた結果が見られる。乾時では綿とアミランが逆になり，強力クレモナ（万漁）の摩耗が大きく出た。また湿時ではラミー糸の減耗が大きい。

C．摩擦時の温度と摩耗度

乾時でのクレモナやC繊維がある摩擦限界を過ぎると，急激に弱まったことや，一般に合成繊維が乾時に弱く出たのは，横糸 a の一点を休みなく，相当な摩擦力で擦つたためそこが帯熱して，そのために摩耗が一層速く進行したのではないかと考え，摩擦時の温度の影響を見るために，注水皿の中に氷を入れ網糸にたれる水の温度を 4°C～5°C にして強力クレモナを試験した。この結果は切断までの摩擦回数が 1080 回と

なり，第3表で得た値の2倍に相当した。サランでも同様の結果が得られ，摩擦時の温度が摩耗の遅速に非常に大きい関係を持つことが判つた。



Eig. 3-1. Relation between the number of friction n and the breaking strength of thread b in dry condition.

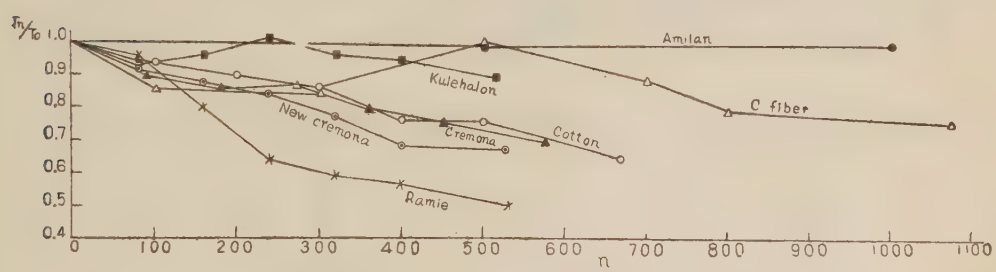


Fig. 3-2. Relation between the number of friction n and the breaking strength of thread b in wet condition.

D．破断伸度

第4及び5図に破断伸度（%）と摩擦回数nの関係を示す。

E．縦糸 b に加える圧力の大小と摩耗速度との関係

縦糸 b の一端に吊した重錘 W の重量を 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 及び 1.5kg の5種に取替え，横糸 a が擦り切れる迄の摩擦回数 n を実験した。

実験した網糸は第5表に示す通りで，前の試験に使ったものとあまり変りがない。実験時の気温と水温とは第6表の通りであつた。試験は湿潤時だけについて行つた。

得られた結果は第7表及び第6図の通りである。即ち重錘の重さ W と切断までの摩擦回数 n との間には双曲線に近い関係が見られる。

第7表から荷重 Wkg と切断までの摩擦回数 n との積 $W \cdot n$ を計算し，$W \cdot n$ と n との関係を図示して第7図を得た。図によれば切断までに要する仕事量は横糸 a に加える圧力 P が小さくなる程多くなるこ

と，荷重がある限界より小さくなると，摩擦切断に要する仕事量は次第に一定値に近付くことが判る。綿糸・クレモナ及びクレハロンの三種は非常に好く似ているのに，ラミー糸のみは異った傾向を示した。

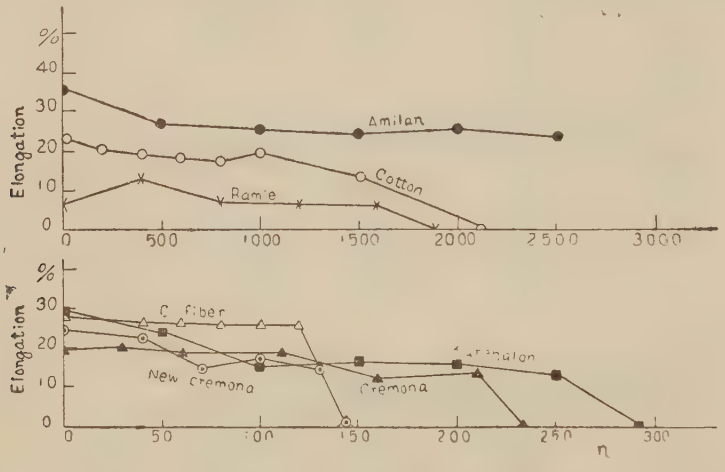


Fig. 4-1. Relationship between breaking elongation (%) of thread a and T_n/T_o in dry condition.

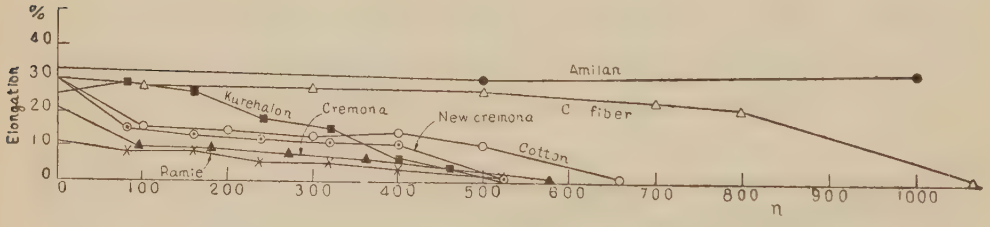


Fig. 4-2. Relationship between breaking elongation (%) of thread a and T_n/T_o in wet condition.

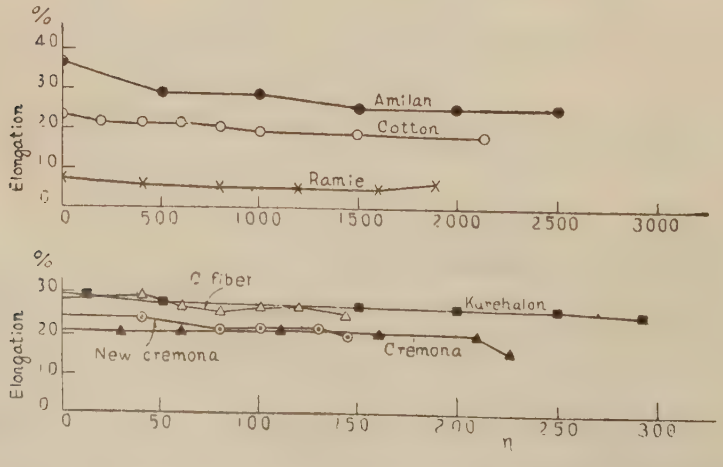


Fig. 5-1. Relationship between breaking elongation (%) of thread b and T_n/T_o in dry condition.

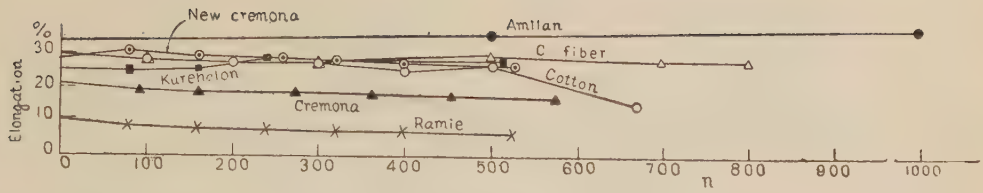


Fig. 5-2. Relationship between breaking elongation (%) of thread b and T_n/T_o in wet condition.

Table 5. Specification of threads used for the experiments.

Kind of thread	Details of the thread	Diameter		Weight		Number of the twist per 10 cm		Average breaking strength	
		mm.	S.D.	mg/50 cm	S.D.	Upper	Lower	kg	S.D.
Cotton	20′S, 3/18	1.11	0.07	325	7.2	26	87	9.37	0.51
Ramie	17′S, 5	1.08	0.06	253	6.0	9	28	26.7	1.34
Cremona	20′S, 3/18	1.10	0.08	282	5.3	19	57	15.5	—
Kurehalon	300D, 2/20	1.10	0.04	384	21.4	32	49	6.4	0.40

Table 6. Temperatures of air and water during the experiments.

	Air temperature		Water temperature
	Dry-bulb	Wet-bulb	
During the friction test	19~22° C	16~20° C	20° C
During the test of breaking strength	19~20° C	16~17° C	16~17° C

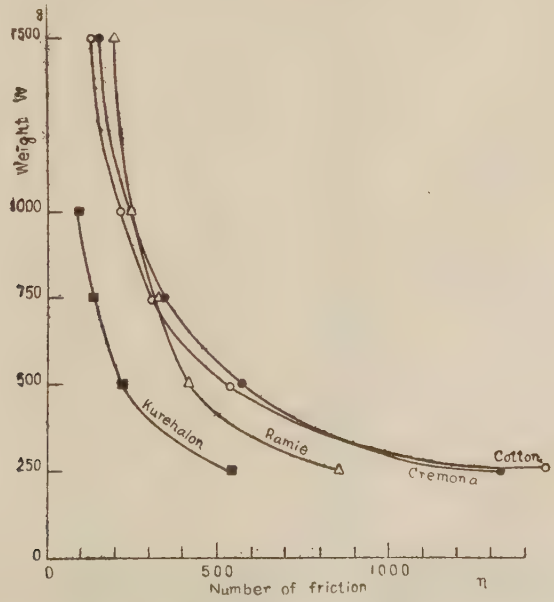


Fig. 6. Relationship between Weight W of thread b and the number of friction effective of splitting thread a.

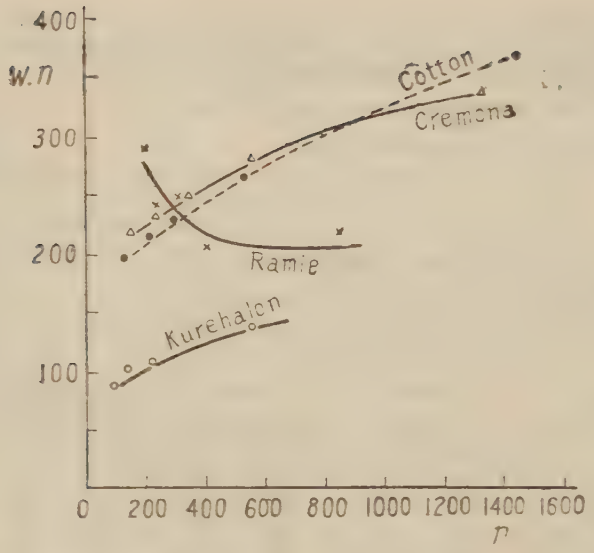


Fig. 7. Relationship between $W.n$ and n both effective of splitting thread a.

Table 7. The number of friction effective of splitting thread a under different weight W.

Thread		Weight W kg	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50
Cotton	a	n	1456	533	305	216	132
		σ	248	46	29	15	6.5
	b	B kg	7.4	6.90	7.20	7.03	6.81
		σ	0.95	0.77	0.75	1.00	0.71
		E%	29.5	23.2	23.3	23.0	23.8
		σ	2.6	2.7	2.03	1.58	1.95
Ramie	a	n	859	410	318	237	194
		σ	39	21.5	37	18	7.7
	b	B kg	13.2	11.5	10.0	10.3	8.73
		σ	1.70	1.82	1.97	1.93	1.77
		E%	7.05	5.7	5.15	5.15	6.9
		σ	0.79	0.35	1.2	0.99	0.76
Cremona	a	n	1327	563	330	236	145
		σ	159	85	24	20	9.7
	b	B kg	9.93	10.11	10.30	11.15	10.77
		σ	0.87	0.79	0.60	0.55	0.54
		E%	23.8	23.4	24.0	26.4	26.0
		σ	1.53	1.4	1.35	1.53	1.89
Kurehalon	a	n	545	218	139	91	
		σ	86	24	21	21	
	b	B kg	6.1	6.5	6.7	7.3	
		σ	1.18	0.65	0.77	0.47	
		E%	23.2	24.4	23.6	26.6	
		σ	2.98	3.56	2.54	2.68	

備考 a；横糸、b；縦糸、n；横糸 a が摩耗切断するまでの摩擦回数、B；縦糸 b の抗張力、E；縦糸bの伸長度、a；標準偏差、n；The number of friction effective of splitting, B; Breaking strength of b after n times of friction, E; Breaking elongation of b, σ; Standard.

要　　約

1. 糸と糸とを摩擦して，その摩耗状況を綿糸・ラミー糸・アミラン・クレモナ・C繊維及びクレハロンの6種につき比較試験した。

2. 試験は市販のものにつき，各種共直径の略々等しいものを選び，気乾と湿潤の両状態につき行った。

3. 綿糸とラミー糸は気乾状態で強く，湿潤状態下では気乾状態での摩擦に比べ約 1/4 になる。合成繊維はこれと逆に気乾時に弱く，湿潤時に強くなる。

4. 合成繊維の摩耗度は種類によって非常に異り，アミランは絶対的に強く，クレモナは湿潤時で綿糸と略々同程度であり，塩化ビニリデン系統のものは弱い。

5. 湿潤状態での試験で，クレモナとサランにつき摩擦時の温度を変えると，摩耗の進行速度は非常に変り，低温に強く高温に弱くなった。即ち大凡そ 5°C と 20°C 前後とでは摩耗切断までの摩擦回数に2倍以上の差があった。

6. 摩擦するときの圧力 P と切断するまでの摩擦回数との間には，近似的には双曲線関係がある。

終りに，本研究に当り実験の手助けを得た本所漁具漁法部下崎吉矩技官，原稿の御校閲を得た部長高山重嶺，所長源生一太郎の諸氏に衷心より感謝の誠を捧げる。

引　用　文　献

1) 田内森三郎・安田秀明： 網糸の摩擦試験，水産物理談話会報，10，昭和5年2月。

2) 宮本秀明： 漁網糸の摩擦消耗試験，水産研究会誌，35 (11)，昭和 15 年。

3) 近藤　仁： 紡績糸番手の相違が綿網糸の摩擦消耗に及ぼす影響，本誌，5 (6)，昭和 12 年3月。

4) 安田秀明： 糸と糸との摩擦，本誌，5 (6)，昭和 12 年3月。

5) 辻　和一郎： 合成繊維の性能，昭和 27 年 10 月。

定置網の網地の使用中に起こる抗張力の減退と使用限界張力に関する研究

宮本秀明・野村正恒・塩田衛二・野沢 靖
(東海区水産研究所)

The Decreasing Strength of Set Nets During the Submersion Period, and the Minimum for Utility

Hideaki MIYOMOTO. Masatsune NOMURA. Eiji SHIOTA and Yasushi NOZAWA.

Introduction : A general practice with the operation of *otoshi ami*, the most prevalent type of trap nets in this country, is to provide two units of the net, each one serving under water from 10 to 60 days after the other (Fig. 2). The procedure will be repeated all through the season so that the net fabrics may be protected from deterioration. However, a close observation would reveal that the strength of thread woven into the fishing net gradually declines with the lapse of time until reaching beyond a minimum of utility when the life of the net comes to an end. In this regard it should be reminded here that in case of synthetic fiber nets having gained prevalence, the threads presumably have not to be so strong as natural fiber threads, as the former is more durable than the latter. For that reason it is important for designing and operating a net to know the minimum strength of various net materials including both natural and synthetic fibers.

The present attempt is to study the process through which net fabrics wear out in the course of use and to determine the minimum strength of them workable for the trapping operation. The samples adopted in the experiment were natural fiber nets which had been used for the walls of the bag of traps at various localities.

Method : Some of preliminary information are the number of days for which the net had been submerged in the sea and the estimated remaining life of the net from which the samples were collected. After unknotting the nets, breaking strength of the threads was examined for each sample. The results are indicated in Table 2 together with the number of served days of the sample nets. Additional data such as the localities, the water temperatures, velocities of tidal current, and the maximum catch at a haul in each fishing are summarized in Table 1.

Discussion : Relationship between the number of serving days n of the net strength T' (kg) of the thread is given in Fig. 1. From the diagram it is obvious that the decline of the thread strength is almost linear with an increase of the serving days. Therefore, if the thread strength is expressed as T_0 in case $n=0$,

$$T'_n = T_0 - Kn \qquad \cdots\cdots(1)$$

Where K is the coefficient of decreasing breaking strength.

Values of K of the sample nets each from different fishing grounds are calculated as shown in Table 3. In case the Manila twine net treated with coal tar is continuously used for more than 40 days, the deterioration proceeds rapidly, and the value of K becomes very large.

In regard to the sample fabrics of the bags in various fishing grounds, the minimum strengths for utility have been calculated, as shown in Fig. 1, from three factors : the strength of threads obtained from the fabrics of unserviceable nets : the estimated resmaining life of the materials of serviceable nets: the lines of decreasing strength presumed to follow as in Fig. 1.

1955年8月24日受理 東海区水産研究所業績 B 第214号 (印刷費負担)

Now let us discuss here about the bag part of a trap net shown in Fig. 2 alone. When velocity of the current is v, force pressing on the fabric of the bag per unit length of float line may be expresssed as

$$R=K_1\frac{D}{L}\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2 \quad \cdots\cdots(1)$$

where H : depth of water where the bag net is set,
B : the greatest width of the bag,
C : diameter of the thread with which the bag net in woven,
L : size of mesh,
θ : angle between the fabric and the direction of the current,

then, force affecting the thread, *i.e.*, the breaking strength of the thread, T, is represented by

$$T=K_2LR=K_1K_2D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2$$

or, $$T=K_3D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2 \quad \cdots\cdots(2)$$

When the current flows against the bag, there likely occur surface waves, so that part of the force felt on the net may be regarded as the wave making resistance. Since all the nets examined were almost similar in shape, when linear dimensions of each one of two bags are λ and λ', and the current velocities corresponding to λ and λ', are V and V', the relationship between them are expressed, according to the law of comparison, as

$$\frac{\lambda}{\lambda'}=\frac{V^2}{V'^2}$$

Namely, $$V^2=K_4\lambda$$

Where $$\lambda=H+\frac{B}{2}$$

Therefore, $$V^2=K_4\left(H+\frac{B}{2}\right) \quad \cdots\cdots(3)$$

In the bag net with linear dimension $H+\frac{B}{2}$ and the minimum strength of the thread T_u the relationship between the current velocity V_u and the strength T_u resulted from the force of V_u is deduced from (2) to the following

$$T_u=K_3D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V_u^2 \quad \cdots\cdots(4)$$

V_u in (4) is expressed by (3) as

$$V_u^2=K_4\left(H+\frac{B}{2}\right) \quad \cdots\cdots(5)$$

Therefore, by (4) and (5)

$$T_u=K_3K_4D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2f(\theta)$$

If $f(\theta)$ in each one of the nets is equal with the other, the above formula comes to

$$T_u=K_5D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2 \quad \cdots\cdots(6)$$

Using the values of D, H, B. and T in each fishing ground as shown in Table 4, the relationship between T_u/D and $H+\frac{B}{2}$ is illustrated in Fig. 3, and may be expressed as

$$T_u/D=K\left(H+\frac{B}{2}\right)^2$$

Thus, the consistency of (6) seems to be acceptable. Express T_u in kilograms : D, H, and B in meters, then the value of K in (6) is obtained from the diagram in Fig. 3 as

K=1.11. Consequently, the minimum strength for utility

$$T_u=1.11\,D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2$$

The fishing grounds plotted with N, M_1 and M_2 (Fig. 3) have quantities of catch often amounting more than 100 metric tons in one haul. Area T has very fast currents, while the nets set at Z and H in enclosed bays have considerably weak currents. These facts are suggestive that safety degree of nets for fishing operation differs according to chracteristics of the fishing grounds where they are set.

試 験 の 目 的

網漁具に使われている網地は，使用するに従つて次第に抗張力を減少して行き，その抗張力がある限界を超えて低下したときに始めて網としての寿命を終る。即ち網地の寿命は網地を構成している網糸の抗張力が次第に低下して行き，網具としての使用可能抗張力の最低限界を割るまでの期間によつて定まることになる訳であるが，各種網漁具の網地の使用可能抗張力の最低限度がどこにあるかを知ることは，網具設計並びに使用の上から大切な問題であると思われる。

本研究は定置網に使われている網地の使用可能抗張力の最低限界が何処にあるかを見出すために行つたもので，その主目的とする処は網が受ける流水抵抗の大きさの推定，波浪による衝撃の限界の目安，最大漁獲量に対する網地の安全性の限界等を知ることを第一とした。また第二に最近目覚ましく進出して来た合成繊維漁網の特徴として，網糸の抗張力の低下が非常に緩慢なため，その初張力を必ずしも従来の植物繊維漁網と同程度におく必要はなく，これをどの程度に保持すれば最も合理且つ経済的に設計が出来るかを知る目安を得んとした。後者は定置漁業資本の重要部分を占める網地の価格の上に直接的に漁家経済に大きい影響を与えるものと考えられる。なお本研究の一部は文部省科学研究費によつたことを附記する。

本研究に際し，試料の提供並びに御協力を得た各漁場の関係者各位貴重な御教示を賜つた東京水産大学田内森三郎博士，原稿の校閲訂正をかたじけなくした東海区水産研究所源生一太郎所長の両氏に深甚の謝意を表する。

資料蒐集並びに試験方法・試験結果

各地の定置網漁場に於て，実際に使用した期間の判つている網地の一部をとり，且つ各漁場につき

1) 敷設漁場の水深及び網の大きさ，操業期間，主要漁獲物，一回乗網最多漁獲量
2) 操業期間中の漁場水温範囲，波浪の大小，潮流の強弱
3) 供試材料の抽出場所，網地を構成する糸の材料，太さ，網目の大きさ
4) 防腐染料の種類，染付方法，染替及び網地一回平均の平均浸水日数，網の手入れ管理方法
5) 供試材料の延浸漬日数及び現在の使用価値，今後使用可能見込日数

等の調査を行つた。調査対象とした漁場のこれらの大要を第1表に，供試材料の明細並びにその履歴を第2表に示す。

供試網地は之を解き，糸にして，糸長5尺の重量及び破断張力・切断伸度を測定した。

試料は主としてブリ定置網漁場に使用されるマニラトワイン網について集めた。また一つの網を同じ期間使用しても，網糸の使用場所によつてその抗張力の低下速度乃至使用可能の最低限界が異るものと思われるので，試料抽出はなるべく箱網の側 3~4 寸目附近とした。

抽出した網地はこれを解いて，一本の網糸としての破断張力を測定したが，一部は網地のまゝのそれをも測定して見た。安田[1]によれば，古い網地（マニラ・トワイン）は殆んどが脚から切れ，結節部からの切断が非常に少なかつたと報告されている。網糸5尺の重量を測定したのは，それが正しい目付を表わしているかどうかを確めるためであつた。

測定した供試材料の平均破断張力及びその上下両弦の値を第2表中に示す。

考　　察

1. 網地の使用日数による網糸の抗張力の低下

Table 1. Information of the fishing grounds and the nets where data were obtained.

第1表　試料を得た漁場と漁網の大要

Fishing ground 漁場名	Kind of Set net 網の種類	Depth of fishing ground (Fm.) 敷設水深	dimension of Bag* (Fm.) 箱網の大きさ	material of netting thread 網地材料	Fishing season (month) 敷設期間	Water temp. during the fishing season 漁期中の漁場水温	Current at the fishing ground 漁場潮流	Antiseptic dyes 染料	Alternative period of net (days) 入替期間
		間	間		月 月				
Nishiki 三重県錦一号	ブリ落網	30	76	manila マニラトワイン	11～ 5	14～20°C	Moderate	Coal-tar コールタール	25～30日
Kuki 三重県九木一号	〃	40	80	〃	11～ 5	14～20	Weak	〃	〃
Tateiwa 高知県立岩	〃	21	—	〃	11～ 8	15～27	Very strong	〃	40～60
Hokkawa 静岡県北川	〃	45	80	〃	11～ 5	14～20	Moderate	〃	40
〃 〃	秋網	22	45	〃	6～10		〃	〃	〃
Kawana 静岡県川奈	ブリ落網	45	95	〃	12～ 5	14～20	〃	Cutch カッチ+固定	20～25
〃 〃	秋網	28.5	60	〃	6～11		〃	〃	15～20
Akazawa 静岡県赤沢	ブリ落網	40	—	〃	12～ 5	14～20	〃	Coal-tar コールタール	30
〃 〃	秋網	31	45	〃	6～11		〃	〃	〃
Ōiso 神奈川県大磯	ブリ落網	45	—	〃	2～ 5	14～20	Moderate Strong	Cutch カッチ+固定	15～20
〃 〃	秋飄網			〃	6～ 1	14～20	〃	〃	15
Manazuru 神奈川県真鶴沖網	ブリ落網	45		〃	11～ 5	14～20	〃	〃	20
〃 〃	秋網			〃	6～11	16 28	〃	〃	15
Komekami 神奈川県米神	ブリ落網	45	100	〃	12～ 5	14～20	〃	〃	20
〃 〃	秋網	35	55	〃	6～12	16 27	〃	〃	15
Ōsaki 和歌山県大崎	雑魚落網	20	45	Cotton 綿糸	3～11	12～27	Weak	Coal-tar コールタール	20
Hoda 千葉県保田	飄網	30	80	〃	1～ 7	11～26	〃	Cutch カッチ	9～10
Katsuyama 千葉県勝山	〃	25	75	〃	1～ 7	〃	〃	〃	〃

* The number of this column show the length of lead line of bag at one side (See Fig. 2).

Table 2. Specification of test piece and the results of test.

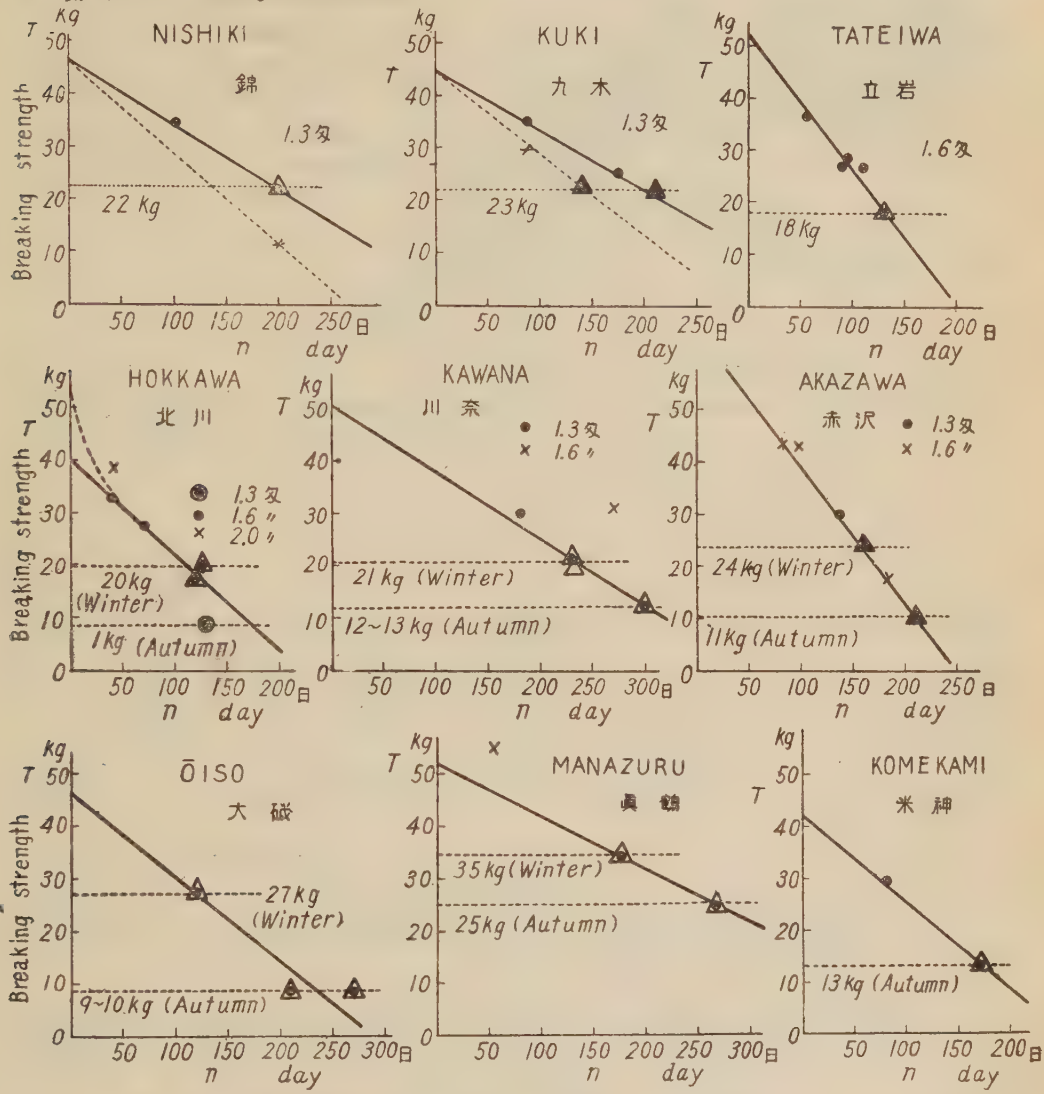
第 2 表　試料の明細と試験結果

Fishing ground 漁場名	No. 番号	Net tested 抽出網地	Anticeptic dyes 染料	Part where the sample was obtained 使用個所	Total days using net 延使用日数	Breaking strength of netting thread 網糸破断張力 Average 平均	max. 最大	min. 最小	Number of the thread tested 試験本数	Durability of net at the end of test 網地の現在価値
		糸寸				kg	kg	kg		
三重県錦一号 Nishiki	1	1.3,3	Coal-tar コールタール	箱・側	100	34.3	48.0	20.3	24	猶1漁期(100日)ブリ網に使用可能
	2	〃	〃	〃	200	22.1	34.2	13.8	30	ブリ網としては廃品
	3	〃	〃	箱・敷	200	11.5	18.9	5.9	17	ブリ網としては廃品
三重県九木一号 Kuki	4	糸寸 1.3	no dyed 無染	—	0	52.3	76.4	37.4	30	新品無染のもの
	5	糸寸 1.3,3	Coal-tar コールタール	箱・側	88	34.9	42.3	28.2	30	ブリ網として今後一漁期使用可能
	6	〃	〃	戸立下	88	29.6	41.9	18.0	30	同　上
	7	〃	〃	〃	140	23.3	37.3	13.5	30	ブリ網としては今後使用不能
	8	〃	〃	箱・側	173	25.2	35.5	12.1	30	今後 30～45 日使用可能
高知県立岩 Tateiwa	9	糸寸 1.6,4	〃	箱・側	(1) 55	36.3	46.1	23.4	22	今後 80～100 日使用可能見込
	10	〃	〃	〃	(2) 90	26.9	36.0	14.5	30	今後 80 日位使用可能見込
	11	〃	〃	箱・口	(2) 95	28.2	41.6	18.0	20	今後 70 日位使用可能見込
	12	〃	〃	箱・側	(2) 108	26.4	46.5	14.8	8	今後 40 日位使用可能
	13	〃	〃	不明	(3) 130	18.0	27.0	11.7	25	ブリ網としては廃品
静岡県北川 Hokkawa	14	糸寸 1.6,4	〃	箱網	(1) 55	33.1	49.0	17.0	40	今後約 120 日使用可能
	15	2.0,2.5	〃	〃	(1) 40	38.5	45.0	31.0	12	同　上
	16	1.6,4	〃	〃	(1) 70	27.8	41.0	14.0	15	調査漏れ
	17	〃	〃	箱・敷	(3) 120	17.5	32.0	9.5	15	ブリ網には使用不能 秋網に 30～40 日使用可能
	18	1.6,3	〃	箱・肩	(3) 125	20.3	30.5	9.0	14	ブリ網としては廃品
	19	1.3,4	〃	箱網	(3) 130	8.8	13.0	4.0	15	夏網としても廃品
静岡県川奈 Kawana	20	糸寸 1.3,2	Cutch カッチ+固定	不明	180	29.7	37.2	18.4	—	今後 90 日ぐらい使用可能
	21	〃	〃	〃	230	20.9	26.5	9.5	—	ブリ網としては廃品
	22	1.3,3	〃	〃	230	20.7	35.0	9.0	—	同　上
	23	1.6,4	〃	箱・肩	270	31.6	38.0	24.0	—	今後 60 日ぐらい使用可能
	24	不明	〃	不明	300	12.6	18.2	8.0	—	夏網としても廃品
静岡県赤川 Akagawa	25	糸寸 1.6,4	Coal-tar コールタール	箱網	85	43.8	53.0	30.0	10	
	26	1.6,4	〃	〃	100	43.6	55.0	40.0	10	
	27	1.3,3.5	〃	〃	135	30.9	43.0	21.0	—	ブリ網として今後 30 日ぐらい使用可能 ブリ網には使用不能

	沢	28	1.6,3	〃	〃	185	18.3	34.0	11.0	—	夏網として約 30 日使用可能
Oiso	神奈川県大磯	29	糸寸 1.3,3	Cutch カッチ+固定	箱・側	120	27.1	37.5	18.0	30	夏網に一漁期使用可能
		30	1.3,2.5	〃	〃	210	9.0	12.5	5.4	30	夏網としても廃品
		31	〃	〃	〃	270	9.5	12.5	4.7	26	同　上
Manazuru	神奈川県真鶴	32	糸寸 1.6	Cutch カッチ+固定	登　網	60	55.4	70.5	23.9	30	殆んど新品同様
		33	2.0,5	〃	〃	90	64.7	84.8	43.3	30	同　上
		34	1.3,3	〃	箱・側	180	34.8	47.5	22.1	30	夏網に二漁期使用可能 冬網は上り
		35	〃	〃	〃	270	24.6	46.8	13.7	30	夏冬網とも廃品
		36	〃	〃	不　明	不明	22.9	35.4	14.3	28	同　上
Komekarni	神奈川県米神	37	糸寸 1.3	no dyed 無　染	—	0	54.0	64.0	42.0	15	新品，無染
		38	〃	Cutch カッチ+固定	箱・側	80	29.1	37.0	23.2	15	今後夏網に一漁期使用可能
		39	〃	〃	〃	173	13.4	20.0	9.0	—	夏冬網共廃品
Osaki	和歌山県大崎	40	綿糸本寸 27,1.7	Coal-tar コールタール	箱　網	145	3.1	3.8	2.6	20	廃　品
		41	〃	Cutch カッチ+コールタール	〃	145	3.1	4.2	2.2	20	廃　品
Hoda	千葉県保田	42	綿糸本cm 15,2.2	Cutch カッチ	箱　網	165	1.3	2.5	0.6	20	今後延 270～435 日使用可能
		43	〃	〃	〃	165	3.1	3.6	2.4	20	網地1目の連続のまゝ試験
		44	12,2.2	〃	〃	420	1.9	2.3	1.5	20	網を解いて試験
		44	〃	〃	〃	420	2.8	3.1	2.7	20	網地1目を連続のまゝ試験
Katsuyama	千葉県勝山	46	綿本cm 15,2.2	Cutch カッチ	箱　網	315	1.0	2.2	0.4	20	廃品（糸として切断）
		47	〃	〃	〃	315	2.2	2.7	1.3	20	網地1目として試験 網糸1本宛の強さ
		48	〃	〃	〃	315	1.5	2.1	0.8	20	糸にして試験，廃品
		49	〃	〃	〃	315	1.9	2.4	0.9	20	網地1目として試験 網糸1本宛の強さ

* 延使用日数の欄の右上括弧内の数字は網の入替回数を示す。

第2表により，各漁場につき試料網糸の抗張力の平均値 T をその網地の延使用日数 n について布置すると第1図のようになる。



第 1 図　網地の延使用日数 n と網糸の平均抗張力 T との関係
横軸に並行な点線は使用可能抗張力の最低限界を示す。

Fig. 1.　Relation between the number of served days n, and the strength of thread T (kg). Broken line paralleled to the abscissa shows the minimum strength of the thread of net fabric for utility.

供試網糸の未使用状態のものを入手することが出来なかつたので $n=0$ に於いての T を測定によつて確めることは不可能であつたが，普通定置網に使われているマニラ1ワインの新しいものの抗張力は，その品質によつて相当な差異はあるが，大体において 1.3 匁のもので 53 kg 内外，1.6 匁のもので 65 kg 前後，2.0 匁のもので 85 kg 前後と見てよく，これをコールタール染するとその抗張力を 2 割前後減ずるものである。

よつて未使用状態，即ち $n=0$ においての網糸の抗張力をその太さに従いこのように推定してこれを第1

図に加えて布置し，抗張力と延使用日数との関係を見ると，多くの漁場からの試料では，両者の関係は大体において直線的であると見做すことが出来る。但し1回当りの使用日数が 40 日以上にも及ぶような一，二の漁場からの試料では，初期に於ての抗張力の低下が甚だしく，両者の関係は曲線的である。

しかし何れにしても今問題とする網糸の使用限界張力の如き，延使用日数が 100 日以上においての抗張力を論ずる場合には，延使用日数 n が数十或は 100 日以上の部分について考え，抗張力 T と延使用日数 n との関係は直線を以て表わし得るものとしてよいであろう。よつてこの直線が $n=0$ に於て T 軸を切る点から求められる T の値を T_0 とすると，n が充分大きい時は延使用日数 n においての抗張力 T_n は

$$T_n = T_0 - Kn \quad \cdots\cdots (1)$$

によつて推定し得る。但しこゝに K は抗張力低下係数とでも呼ぶべき定数とする。

今試験した各漁場からの網糸につき K の値を求めると第3表のようになる。

第 3 表　網 糸 の 抗 張 力 低 下 係 数 K

Table 3. Coefficient of decreasing breaking strength K

漁場 Fishing ground	網糸の種類 Kind of netting thread			K kg/day	染料 Antiseptic dyes	入替日数 Alternative period of bag net
Nishiki	Side (側)	Manila twine		0.125	Coal-tar	25～30
	Bottom (敷)	〃		0.177	〃	〃
Kuki	Side (側)	〃		0.110	〃	〃
	Bottom (戸立)	〃		0.155	〃	〃
Tateiwa	Side (側)	〃		0.270	〃	40～50
Hokkawa	〃	〃	〃	0.210	〃	〃
Kawana	〃	〃	〃	0.150	Cutch	15～20
Akazawa	〃	〃	〃	0.250	Coal-tar	30*
Ōiso	〃	〃	〃	0.165	Cutch	15～20
Manazuru	〃	〃	〃	0.150	〃	〃
Ōsaki	〃	〃	Cotton	0.048	Coal-tar	〃

* 取上後の網干条件悪し。

この表によりマニラトワイン・コールタール染のものについて見ると，1 回宛の使用日数が 40 日を超えるものは 30 日以内に入れ替えられるものに較べて抗張力低下係数が約2倍になつている。1 回宛使用日数が 30 日以内では入替日数を短縮しても K については目立つた差異は認められない。またコールタール染とカッチを固定した染料との間にも別段の相違は見られない。

綿糸の抗張力の低下はマニラトワインに較べるとはるかに緩慢である。

次に構成された一つの網の中でも場所によつて抗張力の低下の割合に非常な違いが見られる。三重県錦及び九木の場合を例にとると，側網と敷網或は戸立の部分とを比較すると後者の方が前者より 3～4 割方傷みが速い。

2.　網糸の使用限界張力の推定

各漁場において網糸の使用限界抗張力をどれくらいにとつているかは数字的に明かにされていないので，これを次のようにして推定した。

即ち第1図及び第1式から，各漁場につき網糸の海中浸漬日数による抗張力の低下を予想し，供試網糸につき調査した漁場での見積りによる今後使用可能見込日数後においての抗張力を推定し，また一方その漁場に於て最早使用に堪えずとされた試料についてその抗張力を測定し，これら両者から考察してそれぞれの漁場において使用限界抗張力として採られている値を推定した。各漁場についてのその値はそれぞれ第1図中に記す通りである。

3.　落網漁場において使用限界とされている網糸の抗張力と網の大きさとの関係

便宜上箱網について考える。（第2図）

H＝箱網の沖側と地側との間の平均水深

B＝箱網の最大の幅

D＝網糸の太さ直径

L＝網目一目の大きさ

θ＝網地が流れの方向となす角

とすると，潮流の速さ V において浮子綱の単位長さ当りに箱網々地にかゝる力 R は

$$R=K_1\frac{D}{L}\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2$$

と見て好いであろう。但し K_1 は常数とする。

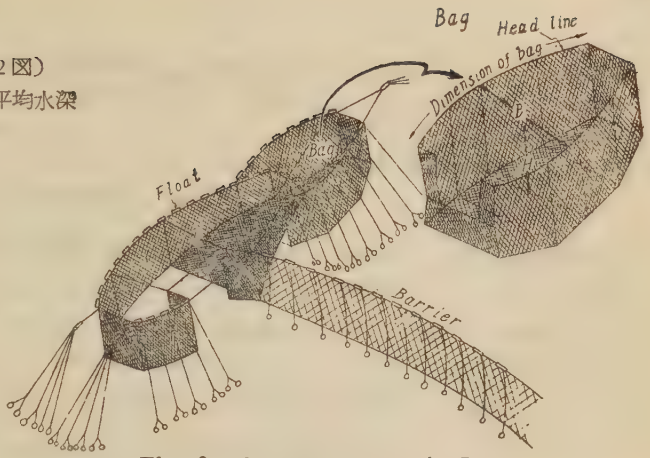


Fig. 2. Common trap net in Japan

然らばこの場合網糸1本当りにかゝる力，即ち網糸の抗張力を T とすると，T は浮子綱の単位長さ当りの目数に逆比例し，従つて網目の大きさに比例することになるから

$$T=K_2LR=K_1K_2D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2$$

或は

$$T=K_3D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V^2 \quad\cdots\cdots(2)$$

と表わすことが出来る。

調査の対象とした定置網の大多数即ち相模湾から高知県沿岸にかけて敷設されている落網は大体において相似に出来ており，従つて箱網もまた相似形をなすものと考え得る。

今，箱網の流れに対する抵抗を考えるに，箱網全体としてこれを流水中に置かれた一つの抵抗物体と見做す。またこの箱網の網糸に使用限界張力を生ぜしめるような大きい抵抗となるような場合には，箱網によつて表面波を生ずることが推察出来るから，この時の一部は造波抵抗であると考えることが出来るであろう。然らばこのような場合に対する相似則により線寸法 λ 及び λ' なる二つの箱網についての対等速度をそれぞれ v 及び v' とすると

$$\frac{\lambda}{\lambda'}=\frac{v^2}{v'^2}$$

なる関係があることになる。即ち網の線寸法 λ と相当速度 v との関係は

$$v^2=K_4\lambda$$

を以て表わされる。

今調査対象とした落網の箱網の線寸法として $\lambda=H+\frac{B}{2}$ をとると，それに対しての対等速度 v は

$$v^2=K_4\left(H+\frac{B}{2}\right) \quad\cdots\cdots(3)$$

なる関係式で表わされる。

線寸法 $H+\frac{B}{2}$ なる箱網の網糸の使用限界張力が T_u と採られているとすると，この T_u なる張力を生ぜしめる流速 V_u と T_u との関係は（2）式により

$$T_u=K_3D\left(H+\frac{B}{2}\right)f(\theta)V_u^2 \quad\cdots\cdots(4)$$

と表わされる。

今仮りにそれぞれの漁場においてその網糸にその使用限界張力としている張力 T_u を生ぜしめそような流速においてはその網成りは何れの漁場についても互いに相似であり，流れに対して相似な位置をとるものと考えると，（4）式の V_u は網の線寸法 $T+\frac{B}{2}$ に対しての対等流速に当る訳である。よつて（3）式により

$$V_u^2=K_4\left(H+\frac{B}{2}\right) \quad \cdots\cdots(5)$$

なる関係にある。

然らば（4）及び（5）式により

$$T_u=K_3K_4D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2f(\theta)$$

然るに対等速度においては各網何れも流れに対して相似の関係位置をとるから $f(\theta)$ は何れの網についても等しい。よつて $f(\theta)$ を常数として $K_3K_4f(\theta)=K_5$ とおくと

$$T_u=K_5D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2 \quad \cdots\cdots(6)$$

と表わし得ることになる。

調査された各漁場につき D, H, B 及び T_u の値を見ると第4表に示す通りである。

第 4 表　定置網の寸法と網糸の使用限界張力

Table 4　Dimension of trap nets and the minimum strength of the netting thread.

漁場 Fishing ground	網の種別 Kind of net	網糸 material of thread	網糸直径 D_m	平均敷設水深 H_m	箱網の最大幅 B_m	使用限界抗張力 T_u kg	備考 Remarks
Nishiki	Winter	Manila twine	0.0022	45.0	68.4	22.0	moderate current
Kuki	〃	〃	0.0022	60.0	72.0	23.0	Weak current abundant catch
Tateiwa	〃	〃	0.0025	31.5	64.0	18.0	Very strong current
Hokkawa	〃	〃	0.0025	67.0	72.0	20.0	Moderate current Good catch
〃	Autumn	〃	0.0025	33.0	40.0	9.0	〃
Kawana	Winter	〃	0.0022	64.5	85.6	21.0	Weak cunent
〃	Autumn	〃	0.0022	42.8	54.0	12.5	〃
Akazawa	Winter	〃	0.0022	60.0	82.0	24.0	〃
〃	Autumn	〃	0.0022	46.5	42.0	11.0	〃
Ōiso	Winter	〃	0.0022	66.0	81.0	27.0	Strong current Good catch
〃	Autumn *1)	〃	0.0022	46.0	40.0	9.5	〃
Manazuru	Winter	〃	0.0022	65.0	90.0	35.0	Strong current abundant catch
〃	Autumn	〃	0.0022	57.0	58.0	25.0	〃
Komekami	Autumn	〃	0.0022	53.0	50.0	13.0	Strong current Good catch
Ōsaki	Summer	Cotton	0.0018	30.0	42.0	3.0	Very weak current Good catch
Hoda	Summer *1)	〃	0.00081	30.0	80.0	2.0 *2)	〃
Katsuyama	Summer *1)	〃	0.00081	50.0	76.0	2.0 *2)	〃

*1) 印はひさご網，　*2) は推定値

同表により T_u/D と $H+\frac{B}{2}$ との関係を図示すると第3図の如くであり，両者の関係は

$$T_u/D=K\left(H+\frac{B}{2}\right)^2 \quad (6)$$

と表わし得て（6）式が成立することを示す。このことは箱網を全体として流水中に置かれたそれぞれ相似形をなす抵抗物体とみなし，これが造波抵抗を呈すると考えるならば，その網糸に使用限界張力としている所の T_u なる張力を生ぜしめる流速はその箱網の寸法 $H+\frac{B}{2}$ に対しての対等速度により，従つて何れの網も流れに対して相似なる形をとることを示している。

即ち，恐らくは経験上から割出されたことであろうが，何れの漁場においてもその許し得べき変形に於て

の網成りとしているものは相似であり，この変形を起こす潮流の速さにおいて網糸にかゝる張力の値を以てその網糸の使用限界抗張力としていることが窺われる。従つて規模の大きい網ほど使用限界張力を大きくとつており，安全を期していることがわかる。

第3図によつて（6）式の定数 K_5 を求めると，T_u を kg，D，H 及び B を m で表わした場合には $K_5=1.11$ となる。即ちブリ落網及び秋落網を通じて T_u は

$$T_u=1.11D\left(H+\frac{B}{2}\right)^2$$

なる式によつて使用可能の平均最低限界が表わされる。

第3図に於て Z は雑魚を対象にした夏落網，H は瓢網についての点であるが，これらの箱網もブリ落網，秋落網と相似形をなすものと見做して前記の取扱いを適用し得るものとすると，これらに於て使用限界張力としてとられている T_u の値は，落網との間には差異がなくて専ら漁場の特性により左右されるように見える。即ち瓢網も落網と同じに取扱つても好いと云える。

4. 漁場の特性と網糸の使用限界抗張力

調査した漁場を総合的に見ると前項の通りであるが，なお個々の漁場では，更にその網糸の使用限界張力を定めるには，その漁場の特性即ち潮流の強弱，一回当りの入網魚の量，漁場の水温等も考慮に入れて長年の経験により合理的な値がとられており，適時に網の入替，手入れ等が行われているようである。

即ち第3図に於て，N，M_1 及び M_2 は夫々三重県錦のブリ落網，神奈川県真鶴のブリ落網及び同秋落網を表わす点であるが，これらの漁場では一回当りの入網魚の量が他の漁場に較べて非常に多く（ブリの場合一回最高 2~3 万尾，5~7·5万貫），従つて安全度を高く見るため T_u を比較的大きくとつており，また T は高知県立岩漁場についての点であるが，こゝでは潮流が非常に急であり海が荒らく，且つ水温も他に較べて高いため，これまた T_u を大きくとつていることが推察出来る。

K 及び H_1 の点は夫々静岡県川奈及び北川のブリ落網を表わす点であるが，これらの漁場では一回当りの入網魚の量が他漁場に較べて比較的少く，潮流も神奈川県下の漁場に比してはるかに弱いため，T_u が比較的小さくても十分安全に操業出来るのであろう。

和歌山県大崎の夏落網（Z），千葉県保田の夏瓢網（H）は何れも内湾の潮流に非常に緩かな静隠な処に建てられており，こゝに調査した他の漁場とは比較にならない程の処であるが，試験の結果はその事実を好く表わしている。O の点は神奈川県大磯の瓢網であるが，この網は同県下の他の漁場の落網とほゞ同等の T_u が見積られている。

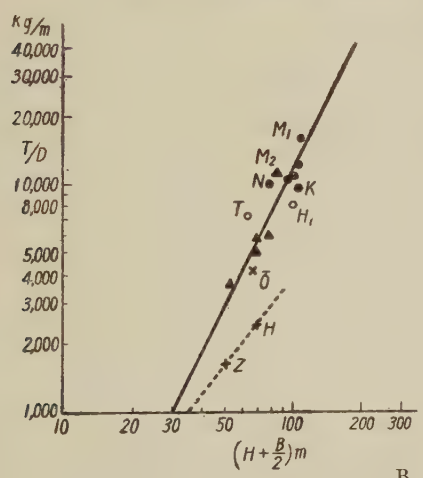


Fig. 3. Relation between T/D and $H+\frac{B}{2}$

○	Winter trap net	$D=0.0025$ m
●	//	$D=0.0022$
△	Autumn trap net	$D=0.0025$
▲	//	$D=0.0022$
×	Summer trat net	$D=0.0018$
+	"Hisago-ami" a kind of trap net	$D=0.00221$ $D=0.00031$

5. 結節強度について

使用した網地の結節強度についても測定したが，その結果は綿糸網地につき次の様な興味ある知見を得た。

即ち綿糸網の細目のものをカッチで頻繁に染替えたものは，固定したカッチの厚い被膜が網糸及び結節の表面全体を堅く包み，そのため網地は網糸そのものゝ持つ強さよりも強くなり，且結節での抗張力の減少は認められず却つて結節部の方が脚の部分よりも強い。このことは網糸に対する染料の効果及びその使用法ということについて或る示唆を与えるものと謂うべきである。

引 用 文 献

1) 安田秀明：本誌，7 (4)，昭和 13 年 11 月

水　産　化　学

CHEMISTRY OF AQUATIC PRODUCTS

Biuret 反応による魚肉蛋白質の定量について*

松本重一郎・金光庸俊**
（東海区水産研究所・九州大学農学部水産学教室）

日本水産学会誌
第二十一巻 第四号 別刷
昭和三十年八月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 4, August, 1955

Biuret 反応による魚肉蛋白質の定量について*

松本重一郎・金光庸俊**
（東海区水産研究所・九州大学農学部水産学教室）

A Biuret Method for Determining Fish Muscle Proteins

Juichiro J. Matsumoto and Tsunetoshi Kanamitsu

As most of the methods for determination of fish muscle proteins are more or less tedious, a more convenient method has been desired. The Snow's method (1950)[4] which was followed at first by the authors revealed that the linearity between light absorption and protein concentration did not hold for protein concentration beyond 0.3 mg. N/ml., and that the formation of turbidity often disturbed the measurement (Fig. 1 Curve-A). Thence a reagent proposed by Sols (1947)[5] was examined. By use of this reagent, the constancy of the absorption increment was kept up to 0.4 mg. N/ml. (Fig. 1, Curve B). As for turbidity it was observed that the turbidty increased as a function of time after combining the sample solution and the reagent, and that the turbidity could be removed by centrifuging or filtration (Fig 3). Thus the method was defined as below.

The reagent, which is composed of 0.4 % $CuSO_4 5H_2O$, 8 % NaOH and 0.2 % glycerol, is added to an equal volume of the sample solution, and mixed. After standing for from 3 hours to overnight the mixture is centrifuged for 10—15 minutes by 3,000 r.p.m. or filtered with no. 3 glass-filter. The optical density of the supernatant or the filtrate is evaluated at the wavelength of 545 mμ, and protein concentration is calculated by the aid of a coefficient determined previously (Table 1). The standard error of the analysis was as low as ± 1.98%.

When it was needed to obtain a rough measure of a protein concentration as quickly as possible, and also in the expence of the accuracy, the authors took advantage of the Snow's method in which the measurement is performed between 25—40 minutes after combining the sample and the reagent and without removing turbidity.

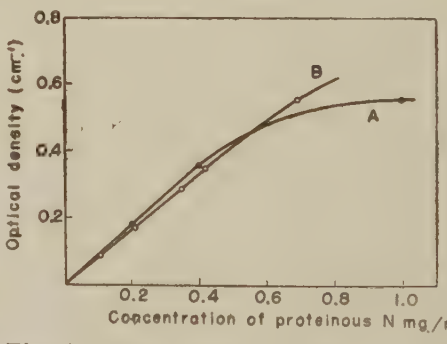


Fig. 1. Biuret colour and the concentration of fish muscle protein.
A : With Snow's reagent (without centrifugation and between 25—40 min. after mixing. at 540 mμ ; squid muscle).
B : With Sols's reagent (after centrifugation and at 545 mμ ; flatfish muscle).

水産物の蛋白質に関する研究を行うに当つて出会う困難の一つは蛋白質の定量が比較的に厄介で長時間を要することである。例えば最もよく用いられる Kjeldahl 法では予め蛋白沈澱剤で処理せねばならない。そこで私たちは biuret 法をとりあげ，その吟味を試みた。

Biuret 反応を蛋白の定量に用いたのは Riegler (1914)[1] が最初であり，Sizer (1937)[2] がはじめて光電比色計を用いたが，比較的高い精度に達したのは Mehl (1945)[3] 以来のようである。然しながらこれらの研究はすべて血清や脊髄液の蛋白について行われたものであつ

1955 年 5 月 1 日受理 （印刷費負担） 東海区水産研究所業績 B 第 205 号
* 1954 年 4 月 5 日 日本水産学会年会にて講演。
** 現所属 東京大学農学部水産学教室。

て，魚肉蛋白の溶液についての使用は Snow (1950)[4] によつて報告された。私たちはまず Snow の方法を追試し，(i) Beer の法則が成り立つのは蛋白態窒素にして 0.3 mg N/ml 以下* であつて (Fig. 1 曲線 A) 実際にはもつと高濃度まで測定できることが望ましいこと，及び (ii) 魚肉蛋白の抽出液では濁りの発生が著しく，測定を妨害することを認めた。(i) の点に対しては Sols (1947)[5] の試薬が適当であると認め，また (ii) については発色液の遠心分離等によつてその影響を除くことに成功したのでその結果を報告する。

実　　験

比色実験にはすべて Beckman DU 型 spectrophotometer を用いた。

1. 光の波長の選定について

Biuret 法の測定に用いるべき光の波長，即ち biuret 法による発色の吸収極大の波長を確めるため，スルメイカ肉の 1 M KCl 抽出液に Snow の試薬を加え，発色後遠心分離して濁りを除いた液につき，等量の蒸溜水で稀釈した試薬を対照として吸収曲線を測定したところ Fig. 2 の如き曲線がえられ，吸収の極大値は 545 mμ に認められた。これは Mehl や Levin ら (1951)[6] が血清蛋白の biuret 反応について報じた波長に一致した。従つて測定には 545 mμ の波長を用いることとした。Snow の試薬を後述の如き Sols の試薬にとり代えても，この極大値の位置には変化がみられなかつた。

2. Beer の法則の成立範囲について

前述の如く Beer の法則をより高濃度の蛋白溶液に於て成立せしめるためには，試薬中の $CuSO_4$ の濃度を高めればよい。Snow の処方 ($CuSO_4$ $5H_2O$ NaOH 18 %) に於いてこれ以上 $CuSO_4$ を増すと $Cu(OH)_2$ の沈澱を生じやすいようであるが，**Sols の処方 ($CuSO_4$. $5H_2O$ 0.4 %，NaOH 8 %，グリセリン 0.2 %)** ではこれだけの Cu が試薬中で充分に安定化されていることを認め，この処方を用いることゝした。試薬の調製に際しては $CuSO_4$ $5H_2O$ と NaOH とを別々に溶解し，後者にグリセリンを加え，後者を激しくかきまぜながら前者を滴下し，水を加えて全容を一定容とする。測定のためにはこの試薬を等量の検体溶液に混合し発色液をえる。

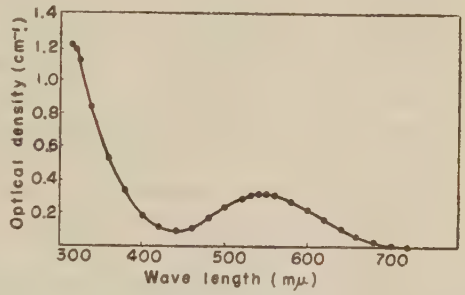


Fig. 2. Absorption curve of the biuret colour. (With NaCl extract of squid muscle containing 0.29 mg. Pr. N/ml.)

この処方によれば吸収の強さと蛋白濃度との間の直線的関係の成立する範囲は Fig. 1 曲線 B の如く延長され，**蛋白態 N として 0.4 mg N/ml まで**はほゞ Beer の法則が成立することが認められた。Fig. 1 曲線 B は後述の遠心分離法により濁りを除去して行つた。曲線 B の傾斜が曲線 A より小さいのはそのためである。尙これ以上濃厚な試料は稀釈して定量すればよい。

3. 発色液の濁りについて

Snow の処方によつて魚肉蛋白質の溶液を定量するときには，発色液に濁りを生じ，測定を妨げたことが屢々であつた。Snow によれば濁りは混合後 40 分までは起らないというが，私たちの経験によればもつと早くから濁りの出ることも珍しくなく，殊にコイの如く多脂性の魚肉の場合にそれが著しいようであつた。Levin らは NH_4OH を含む biuret 試薬を犬血清蛋白の定量に用いる際，試薬の添加後 40 分から出現する濁りを，混合後 3 時間以上経過した後

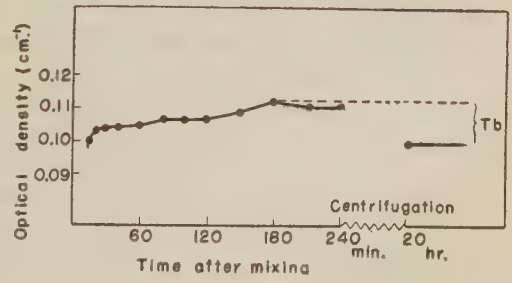


Fig. 3. Changes in the apparent optical density of the biuret mixture involving the formation of turbidity.
(With KCl extract of squid muscle containing 0.09 mg. protein N per ml.)
Tb : Turbidity.

* Snow は 0.24 mg N/ml まで Beer の法則が成立すると述べた。

に遠心分離することにより透明な上澄液をえ，これを比色して好結果をえた。また Levin らによればこの濁りは蛋白の分解によつて遊離された phosphatide であろうという。

私たちもこの方法にならいスルメイカ KCl 抽出液を上記の Sols の試薬で発色せしめた後，見かけの吸収（発色による吸収と濁りによる吸収又は散乱の效果の和）の時間的推移を追い，更に遠心分離後の上ずみの値を測定すると Fig. 3 の如き曲線がえられた。即ち 545 mμ における吸収は混合後 20 分間でほゞ一定値に達したが，60 分後から増加しはじめ，3 時間に達すると増加が停止した。この発色液を一夜放置後 3,000 r.p.m. で 10～15 分間遠心分離すると透明な上ずみがえられ，そのときの吸収は混合後 20 分の吸収よりも小さくなつた。また同様の遠心分離を混合後 3 時間後に行つても透明な上ずみがえられた。

スルメイカ肉の他，各種の魚肉の水又は KCl 抽出液もはじめから若干の濁りを持ち，Fig. 3 と同様に biuret 試薬の添加後に濁りが増加すること，及び遠心分離によつて濁りを除去しうることが示された。Fig. 3 に於いては混合後 20～60 分の間で一時的に濁りの増加の停滞が認められるが，これは他の魚種に於いても肉眼的に経験され，Snow が試薬の添加後 20～40 分の間に比色を行うように定めたのは恐らくこゝに着眼したものと考えられる。しかしこの際には既に幾許かの濁りを含み誤差の原因となるので，濁りを除去することが優れていることは言うまでもない。濁りを除去する時期は上記の実験結果によつて混合後 3 時間以上経過の後と定め，それで満足な結果を得たが，混合した翌日に濁りを分離しても好結果がえられ，実験の手続上からは一般にこの方法が便利であると思われる。

この際遠心分離の代りに発色液を no. 3 のグラスフィルターによつて濾過するならば吸引することなく透明な濾液がえられ，しかも吸収の値から見て蛋白の量に損失を生じないことを見出した。

魚肉の抽出液に 8 % の NaOH 溶液を混合すると，濁りが次第に増加することが認められたので，蛋白溶液から濁りを発生する主な要因は試薬の強アルカリ性にあるらしい。また魚肉蛋白試料を 3 塩化酢酸で洗つた後 NaOH 溶液に溶し，biuret 発色を行つた場合に，混合後短時間の間には濁りが認められなかつたこと，3 塩化酢酸処理の際の上澄みが 8 % NaOH の中で濁りを生ずること，この濁りを遠心分離によつて集めるとエーテルに可溶性であること，この沈澱を Kjeldahl 法で定量した際に殆んど窒素が認められないこと等の事実を考え合せれば，この濁りは蛋白質又は peptone, peptide の如き関連物質ではなく，従つて濁りを除去しても当の蛋白質の分析の回収率を害うものではないことが示唆される。

かくて検体溶液に等量の試薬を混合し，3 時間以上経過した後に遠心分離又は濾過を行つて濁りを除き，545 mμ の光を用いて吸収を測定する方法を標準法と定めた。

実験中にはそれ以後の操作の必要上分析の精度を犠牲にしてもなるべく短時間に蛋白濃度の目安を知らねばならぬ場合が珍しくない。私たちはかゝる時の便法として同じ Sols の試薬を用いて溶液を発色せしめ，Snow の方法にならつて濁りを除去する操作を行うことなく混合後 25～40 分の間に比色した。

4. 標 定 法

Fig. 1 の曲線の一部を原点を通る直線 $D=P/k$ とみなし，(D 光学密度，P 蛋白態窒素濃度 mgN/ml，k，換算係数) 実験値より k を算出した。なお P の定量には同じ抽出液より 3 塩化酢酸で沈澱させた蛋白を semimicro-Kjeldahl 法で分析し，2 回以上の平均値をとつた。魚肉試料としてはヒラメ，コイ，

Table 1. The conversion factor (k) in the standard method for various samples.
$kD=P$, $k=P/\log_{10}(I_0/I)$
where $D=\log_{10}(I_0/I)$: Optical density per 1 cm. depth of solution,
P : Concentration of protein N mg./ml.

Species* \ Extract	Extract with water (A)	Extract with 1 M KCl after extracting A (B)	Extract with 1 M KCl (C)
Hirame	1.22—1.25	1.21—1.25	1.19—1.23
Koi	1.19	1.22	1.22
Surume-ika	1.23	1.20	1.24

* Hirame : Flatfish, *Paralichthys olivaceus* (Temmink & Schlegel).
Koi : Carp, *Cyprinus carpio.*
Surume-ika : Squid, *Ommastrephes sloani pacificus* (Keferstein).

Table 2. The conversion factor (k) for various samples, when the tuibidity was not removed prior to colorimetry.

Species \ Extract	Extract with water (A)	Extract with 1 M KCl after extracting A (B)	Extract with 1 M KCl (C)
Hirame	1.15—1.19	1.21—1.25	1.18—1.21
Koi	0.66	1.15	1.07
Surume-ika	0.95	1.17	1.10

スルメイカを代表的にえらび，その各々について水抽出(A)，水抽出後 1M KCl* 抽出(B)．1M KCl* 抽出(C)を行い（各抽出液は肉の 20 倍量),その各々についてえられた k は Table 1 の通りである。又参考のためこれと相対応する試料の各々について前述の如く Snow の方法にならい，濁りを除去することなく混合後 25～40 分間に比色した値による k の値を Table 2 に掲げた。

Table 1 によれば，こゝに採用された biuret 比色法の換算係数 k は魚種と抽出法に関せず殆んど一定であることが認められる。

一方濁りを除去せぬ便法でえられた Table 2 では，魚種により，又抽出時の溶媒によつて大きな差のあることを示している。これは魚種により，又溶媒その他の抽出条件によつて抽出液の濁り方が一定でないためと考えられる。従つて Table 1 と 2 とを比較すれば濁りを除去する方法が遙かに優れていることが理解される。

なお Table 1 の値がこゝに実験された3種以外の魚肉蛋白質についても一定であるか否かについては今後の検討に待たねばならない。

考　　察

i) 換算係数と濁りについて　Table 1 の換算係数 (k) の値は互いに大差がないことが認められる。これは魚肉を構成する各種の蛋白の間には発色の強さに大差がないことを示唆している。

発色液の濁りの有様は試料とする動物筋肉の種類によつてさまざまである。コイ肉ではじめから濁りが顕著であるが発色液を一夜放置すれば濁りは凝集して太く柔い紐状のゲルとなり試験管中に浮ぶ。スルメイカ肉では凝集は起るがコイ肉ほど著しくない。エビ類の肉では放置中にも濁りは分離しないが，コイ，イカ，ヒラメ肉と同じく濁りの除去は容易である。然るにアサリ，アワビ等の貝類の肉及びカタツムリ肉では抽出液の濁りが強く，発色液を放置したときに凝集することなく，しかも遠心分離や濾過を行つても濁りが除去されない。従つてこれらに対しては biuret 法はあまり有用でない。コイ肉の抽出液では3時間放置の後にも遠心分離で濁りがよく分離しないものがあつたが，その発色液を沸騰水中で5分間加熱することにより遠心分離しやすくなつた。

ii) 測定誤差について　前記の通り Fig. 1 の曲線の一部を直線とみなして換算係数 (k) を算出したが各々の実測値はその直線のまわりに少しづつ分散していた。そこで Table 1 の k の値の決定のために用いたヒラメ，コイ，及びスルメイカ肉の各種抽出液合計9種 11 例についてえられた合計 47 個の測定値を集め，その各々に対してえられる k の値よりその標準誤差を算出するとそれは ± 1.98 % となつた。ちなみにこの値は Mehl で ± 3 %，Snow で ± 1 %，Levin らで ± 3～5 % と報ぜられている。

iii) この方法の特色について　Kjeldahl 法で蛋白を定量する場合には予め非蛋白態窒素を分離する必要があるが，この方法ではその必要がないこと，操作が簡単，確実であつて熟練を要せず，また便法を用いれば 30 分間で結果がでること，蛋白沈澱剤を要せず，経費がかゝらぬこと，少量の稀薄溶液でも測定しうること等の長所がある。また濁りを除去しない便法によれば誤差が大きくなるが，蛋白量の絶対値よりも，むしろ相類似する試料の間の相対的な比較にて足りる場合（例えば同一の蛋白溶液を用い pH を変えて溶解蛋白の等電点を求める場合）等に於いては，誤差の原因となる濁りの影響は互いに打ち消されるから，かゝる便法も效果的に用いることができる。

* KCl 1M $KHCO_3$ 0.03 M を含む液の pH を HCl で pH 7.2～7.3 に調整した。

この方法でよい精度をえるためには光学密度が 0.1 以上であることを要するから，これに対する蛋白濃度は蛋白態窒素として 0.12 mg N/ml，蛋白として 0.75 mg Pr/ ml を必要とする。また BECKMAN spectrophotometer による 2 回の測定にはこの溶液が 8 ml にて足りる。従つて沈澱状態としての蛋白ならば 0.75×8=6 mg あればよい。しかし精度の低下が許されゝば溶液として 0.08 mg Pr/ml，沈澱として 0.6 mg までは定量できる。然しながら KJELDAHL 法に比べればこの方法の精度はむしろ低い方である上に，動物の種類，蛋白の種類によつて発色の強さが一定であるという理論的な根拠がないから，時に応じ KJELDAHL 法を併用して補正を行わねばならぬ点が短所である。

iv) **MEHL の試薬その他について**　MEHL は試薬中の Cu を安定化するために ethyleneglycol を 20 % 添加した。追試の結果によれば，市販の ethyleneglycol 中には不定量の還元性物質を含み，このため試薬中に含まれる Cu の量が一定しない。グリセリンを使えばこの欠点をさけることができる。

v) **妨害物質について**　もし検体中に NH_4^+ 又は尿素が含まれると発色はそれだけ増加する。また不溶性の水酸化物若くは硫酸塩を生成する Mg^{++}，Ca^{++}，Ba^{++} 等の存在する場合にもこの方法が用いられぬことは，SNOW が既に指摘した通りである。しかしこれらアルカリ土類金属によつて一旦生じた水酸化物の沈澱は遠心分離又は濾過によつて除去され得，これらの 0.01 M 程度の濃度では試薬のごく一部が消費されるだけで，蛋白分析には事実上殆んど影響を与えないことを認めた。またまれにコイ肉の抽出液にみられた如く試薬との混合液を 2～3 日放置すると試験管の底に黒褐色の沈澱が生じた。これは試料溶液に含まれた還元性物質によつて試薬中の Cu が還元されたためではないかと考えられる。かゝる場合は長時間の放置をさければよいようである。

vi) **Peptone の存在について**　この方法では理論的には蛋白のみならず peptone 及び peptide でも発色することを忘れてはならない。しかし魚肉の抽出液の数例に対し直接 biuret 試薬を加えた場合と，3 塩化酢酸によつて分離した蛋白に biuret 試薬を加えた場合との間には有意の差が認められなかつたら，仮に抽出液中に peptone が含まれていても実験誤差に含まれてしまつたものと考えられる。

要　　約

（1）魚肉抽出液中の蛋白質を定量する目的をもつて SNOW の処方による biuret 法を追試し，こゝに認められた短所を補うために SOLS の処分について吟味を行つた。

（2）SOLS の処方によれば蛋白態窒素濃度が 0.4 mg N/ml に達するまで BEER の法則が成立することを確めた。

（3）魚肉蛋白質の抽出液は biuret 試薬の添加に際して濁りを生成し，測定が妨げられるが，この濁りは遠心分離し，又は no. 3 グラスフィルターによつて除去しうることを認め，かくしてえた発色液の吸収を試薬の等量稀釈液を対照として波長 545 mμ にて測定する方法を標準法と定めた。

この研究にあたつて終始御指導を戴いた右田正男先生，著者等が協力する機会を与えられた富安行雄先生及び実験の一部を手伝つて下さつた新井とみ子さんに厚く御礼を申し上げる。

文　　献

1) E. RIEGLER : *Z. anal. Chem.*, **53**, 242～245 (1914).
2) I. W. SIZER : *Proc. Soc. expt. Biol. Med.*, **37**, 107～110 (1937).
3) J. W. MEHL : *J. Biol. Chem.*, **157**, 173～180 (1945).
4) J. M. SNOW : *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **7**, 594～598 (1950).
5) A. SOLS : *Nature*, **160**, 89 (1947).
6) R. LEVIN and B. W. BRAUER : *J. Lab. Clin. Med.*, **38**, 474～480 (1951).

水 産 物 利 用

UTILIZATION OF AQUATIC PRODUCTS

保 藏 · 加 工

Preservation and Processing

油 脂 · ビイタミン

Fats, Oils and Vitamins

ねり製品の保藏の研究—Ⅲ.
包装による含糖カマボコの保藏効果

内山 均・天野慶之・横関源延
(東海区水産研究所) (北海道区水産研究所)

A Study on the Preservation of Fish-cake— -Ⅲ.
Effect of Plastic Casing upon the Storage of Sugar-added Fish-cake

Hitoshi UCHIYAMA, Keishi AMANO and Motonobu YOKOSEKI

Various experiments have been conducted to prolong storage time of fish-cake by the help of chemical preservatives, such as nitrofurazone, dehydro-acetic acid and hydrogen peroxide etc, however, there were found too much difficulties left unsolved to apply them directly for daily practice of the industry.

E. NOGUCHI and S. HIGASA reported certain packaging materials are useful for the purpose of fish-cake preservation and stated that non-sugard fish-cake stuffed in polyethylene or vinyl chloride casing showed neither bacterial slime on their surface nor putrefactive odor after 7 day's storage.

In the present report, also the results of several experiments concerning the preserving effect of plastic casing for fish-cakes are described.

As will be seen in Table 1, very little increase in the amounts of volatile basic nitrogen, an index of spoilage, were found for non-sugared fish-cake which had been stuffed in polyethylene casing during 5 day's storage at 30°C.

Also similar results, as shown in Table 2, has been obtained for non-sugared fish-cake which was stored under anaerobic condition by eliminating oxygen from the medium with al kaline pyrogallol solution.

On the basis of above findings, it will be inferred that preservative effect due to plastic casing for fish-cake is chiefly dependent upon the extent of airtightness which can be attained when fish-cake is stuffed in these casing. But addition of some fermentable sugars was found to be as inadequate for the preservation of fish-cake by plastic casing, because such glucose and sucrose are known as very favorable carbohydrate source for accelerating the growth of some kinds of micro-organisms under anaerobic condition.

Therefore, in the case of sugared fish-cake, sole use of plastic casing or keeping in oxygen-free medium is not enough to expect complete preservation of the products.

Much production of lactic acid was observed for both samples of sugar added fish-cakes, which were preserved in polyethylene casings or under anaerobic condition. It is not so easy to avoid putrefaction of these sugared fish-cake products only by the aid of plastic casings.

E. F. GALE has already proved that occurrence of amino acid decarboxylation is likely assisted by the growth of micro-organisms under acidic enviroment. Much amounts of lactic acid produced and decrease is pH value of the product could be pointed out as the features of progress in putrefaction of sugar containing fish-cake products.

Meanwhile, in the course of spoilage of sugared fish-cake no appreciable increase in the amount of histamine was detected by colorimetry of diazo reaction, after isolating histamine with cotton acid succinate.

Moreover, in the sample of fish-cake added 100 mg per cent of histidine, histamine could not be produced in measurable amount as shown in Table 7.

1955 年 9 月 6 日受理 (印刷費負担) 東海区水産研究所業績 B 第 225 号

Regulation of steaming temperature is one of the ways to prolong the storage period of fish-cake. If the steaming were adjusted to keep the temperature at the core of fish-cake above 75°C. preservative effect could be improved more than case in which temperature is held below 75°C

For the products which is processed by temperature below 75°C. at their core, considerable number of Gram-positive cocci were found, while in the products cooked above 75°C more spore bearing rods were detected than other forms of bacteria.

ねり製品を包装することは（例えば経木などにより）古くから行われてきているが，防腐の観点から検討されはじめたのは最近のことである。野口氏[1]は nitrofurazon を添加したカマボコを更にセロファンで包装することでかなりの効果をみとめ，日笠[2]氏もポリエチレンのフイルムを用いて，その保蔵効果が顕著であつたことを報告している。これらの効果は包装資材の耐湿性と関係があり，塩酸ゴム，ビニール等ではより以上の効果が期待できることを野口氏は附加えている。さきに筆者[3]の一人は，pyrogallol で嫌気的にした環境下にカマボコを放置して変質の度合をしらべ，包装効果は酸素分圧にも関係あることを述べたが，同様に P.K.W. Steinke と E.M. Foster[4] 両氏は肝臓ソーセージを二重に包装した場合でも，ケーシングを通過する酸素によつて微生物が著しく内部に生育することを示唆した。

ところで，包装内の酸素分圧に包装による保蔵効果が関係するならば，醗酵性の糖を含む製品，所謂含糖カマボコを包装した場合は，おそらくその効果に相違を生ずるであろう。上記の諸研究では，専ら無糖カマボコが試験され醗酵性の糖を加えた製品については調べられていないので，カマボコ中の糖質の存否と変質との関係について二，三行つた実験結果をこゝに報告する。

I. 実　験　方　法

（イ）　乳酸は T.E. Friedemann 氏[5] 法を用いた。含糖カマボコは多量の蔗糖が加つているため，予め硫酸銅による除糖の影響をしらべ，完全に除糖が行われたことを確認して行つた。

（ロ）　蔗糖の定量は逸見氏[6]による Bertrand 変法を用いこの測定用試料の除蛋白には，神立氏[7]による sodium tungstate 法を応用した。Bertrand 法は化学量論的[8]に正確さを欠く嫌いがあるが，小田原カマボコの如く，10 %も多量にふくまれる蔗糖の腐敗中の消長を検討するには，一応の目的は達せられるので，本法を採用した。

（ハ）　histamine の定量は cotton acid succinate[9] 法により分離後 diazo 反応による比色法で Coleman 比色計を用いて測定した。

II. 実　験　結　果

（I）　無糖カマボコのポリエチレン包装及び嫌気的放置の場合の腐敗

サメ肉を主体とし，馬鈴薯澱粉 10 %，蔗糖無添加の茹カマボコを，煮熟後ただちにポリエチレンのケーシングに詰め，その揮発性塩基窒素を測定した結果，第1表の如き値が得られた。この量が製造直後 100 mg %を示すのは，サメ肉を用いた影響である。ポリエチレン包装区の値が5日後に於ても変化なく，無包装に較べて著しい相違のあることは，エソ肉を用いた日笠氏等の結果ともよく一致する。所謂無糖カマボコは，腐敗にさいして顕著に揮発性塩基窒素を形成することを木俣氏[10]も明かにしているが，この製品を包装によつて 30°C 5日後に至つても揮発性塩基の変化のないほど変質を防ぎ得たことは，ねり製品保蔵効果の上から注目すべきことと思われる。第2表は黒皮カジキに馬鈴薯澱粉 10%添加の無糖カマボコを，一つは pyrogallol 嫌気性に，一つは普通の大形シャーレに好気的に放置した場合の，8日後に於ける官能検査及び揮発性塩基窒素

Table 1. Changes in the amounts of volatile basic nitrogen of non-sugared fish-cake stuffed in polyethylene casing during 5 day's storage.
30°C mg%

Days of storage / store	1	2	3	4	5
In casing	100	100	100	100	98
Without	100	120	250	250	560

Table 2. Effects of elimination of oxygen upon the storage time of fish-cake containing no sugar. 18°～23°C

Days of storage		Slime	Stench	Fit for food or not	NH_3-mg %	pH
0		—	—	fit	17.8	6.33
8	Aerobic storage	++	++	not	48.1	7.10
	Anaerobic storage	—	—	fit	19.6	6.48

の測定結果であるが，嫌気性放置区は好気性放置区に較べて揮発性塩基の増大が見られず，官能検査の結果もこれを裏ずける。このように，前述の諸氏が指摘した如く，無糖カマボコの場合，包装或は脱酸素状態にすることによつて，空気の流通を絶つことは保蔵の点から見て極めて有効だと筆者らも考える。

（2） 含糖カマボコの嫌気的放置及び包装した場合の腐敗

試料には小田原カマボコを用いた。白グチを主原料とし，約 10 %の蔗糖が添加されたものである。これを前回同様，一つは pyrogallol 嫌気的に，一方は好気的に放置し，乳酸及び pH を測定した結果が第3表である。嫌気性放置区は，好気性放置区に比較して乳酸の生成が著しく，pH の低下も速であつた。したがつて食用不能になる時期は，好気的の場合に較べて，嫌気的の場合はむしろはやめられる傾向となる。このことは，同じ含糖のカマボコを用いてポリエチレンで包装した場合にも，第4表に示す如く略と同様の結果が得られ，包装によつても乳酸形成が増大されることが確認された。即ち，カマボコを包装して保蔵しようとするさい，原料の配合組成によつてその効果が著しく左右されることは明らかで，実施上注意さるべき点であると思う。

Table 3. Effects of elimination of oxygen upon the storage time of fish-cake containing sugar. 20°～24°C

Condition of storage	Days of storage	Lactic acid mg %	pH	Fit for food or not
Aerobic storage	0	21	6.8	fit
	1	15	6.8	〃
	2	20	6.8	〃
	3	40	6.5	not
	4	65	6.3	〃
	5	95	6.2	〃
Anaerobic storage	0	21	6.8	fit
	1	10	6.7	〃
	2	40	6.6	not
	3	60	6.3	〃
	4	155	5.7	〃
	5	205	5.7	〃

Table 4. Changes in the amounts of lactic acid of sugared fish-cake stuffed or not stuffed in polyethylene casing. 13～18°C

Stored	Days of storage	Lactic acid mg %
Without	0	22.1
	6	17.1
In casing	0	—
	6	94.1

（3） 含糖カマボコの加熱温度と保蔵性

包装の有無あるいは酸素除去の有無に拘らず，含糖カマボコの加熱温度を変えることで，保蔵性に異同があるかどうかを確かめる目的で，小田原カマボコについて，中心部の温度が 65°C より 85°C に至る間，5°C 間隔になるような製品を5種類作成し，各々を滅菌大形シャーレに入れ，9日間 17°～20°C に放置したのち，夫々の中心部について乳酸，pH，蔗糖を定量し，第5表の如き結果を得た。

Table 5. The effects of cooking temperature of the core on the preservation of sugared fish-cake.

17°～20°C

	Days of Storage					
	0	9				
		Cooking temperature in the core of fish-cake				
		65°	70°	75°	80°	85°
pH	5.99	4.83	5.90	5.95	5.90	5.98
Lactic acid mg%	836	1008	781	803	772	770
Sucrose %	5.00	2.20	5.10	5.00	5.10	5.00

この表から 70～75°C を境界として，高温処理したものは保蔵性が高まることがみられ，残存細菌[11]を検定すると，70°C 以下の場合はグラム陽性の球菌類が圧倒的であるに反して，この温度以上では芽胞を有する桿菌の割合が多くなることがみられる。即ち，加熱温度の低い場合は，球菌類が蔗糖を好適基質として増殖し，カマボコの腐敗が促進される結果となる。

（4） 含糖カマボコの腐敗と histamine 形成について

細菌の脱炭酸酵素が，酸性培地に於て活性化されることは，E.F. Gale[12] 氏等により明らかにされ，魚肉を用いた木俣氏[13]の報告によつても，細菌の生育を阻止しない限り，pH 価の低い場合に脱炭酸作用は活性化されるとしている。すでに佐竹氏[14]はカマボコの腐敗中に生成する amine の消長を，ペーパークロマトグラフにより検討している。このように，脱炭酸して amine を形成することは，一種の中和の機構であると説明されている。含糖カマボコは腐敗にさいして，pH が低下することは前述の如くであり，脱炭酸作用には好適の条件を与えることになろう。ことに含糖カマボコを包装或は脱酸素の環境下に放置すると，乳酸形成の増大，pH の低下を来たすが，これが第二次的に細菌の脱炭酸作用を促すかどうかを検討する目的で，histamin を対称として以下の如き実験を行つた。

試料には前回同様，小田原カマボコを用いた。これを pyrogallol 嫌気的及び好気的に放置して，乳酸，pH，及び histamine を測定した結果，第6表の如き値が得られた。histamine は海砂でよくすりつぶした試料に，80 % methanol を加え，30分震盪器にかけた後，抽出液を濃縮して測定試料とした。表より明らかなように，嫌気的及び好気的放置の乳酸，pH は前回同様な結果が得られるが，histamine の形成は痕跡にすぎない。動物筋肉[15]中には，histamine が微量に結合状態で存在するとされているが，このカマボコの痕跡

Table 6. The production of histamine and lactic acid during 8 day's storage in the sugared fish-cake under aerobic or anaerobic condition.

25°C

Condition of storage	Days of storage	Lactic acid mg%	pH	Histamine mg%
Aerobic storage	0	10.8	7.17	Trace
	2	20.3	6.73	〃
	4	80.1	6.28	〃
	6	294.9	5.94	〃
	8	345.1	7.56	〃
Anaerobic storage	0	—	—	Trace
	2	58.4	6.68	〃
	4	178.0	5.13	〃
	6	275.8	4.84	〃
	8	163.0	4.72	〃

程度の histamine がそれに該当するかどうかは，なお吟味を要する点であるが，腐敗に伴ってこのものが増大されないことだけはこの結果から明かである。

腐敗中，histamine が増大されぬ理由については，二つの推定があげられる。まず，汚染細菌に histamine 形成能がないこと，第二は清水氏[16]も報告している如く，一般に白身の魚は histamine の含量が非常に少いか，全く含有しないということである。小田原カマボコでは，その上更に，原料魚である白グチを数回水晒して製造している関係上，カマボコ製品そのものに histamine の母体が僅少か，全く有しないことも腐敗中に histamine が増加しない理由に考えられるであろう。これらの点を検討する目的で，次のような実験を行ってみた。即ち，白グチを用いた小田原カマボコと同様な製品に，histidine を 100 mg %になるように添加した。これを前回同様，嫌気的及び好気的に放置して histamine を測定した結果が第7表である。

Table 7. The production of histamine during 5 day's storage in the sugared fish-cake added or not added histidine under aerobic or anaerobic condition by pyrogallol.

25°C

Histidine 100 mg %	Condition of storage	Days of storage	pH	Histamine mg %
Added	Aerobic	0	6.88	Trace
	Storage	5	6.78	〃
Added	Anaerobic	0	6.88	Trace
	Storage	5	6.59	〃
Not added	Aerobic	0	7.12	Trace
	Storage	5	6.75	〃

表より明かなごとく，人為的に histidine を添加した場合でも，腐敗に伴って histamine の増大は認められなかった。histidine 脱炭酸酵素は，基質，pH に特異的であると同時に，温度に対しても 25°C 附近に至適温度をもつ適応酵素だとされているが，この場合，一応腐敗に関与している細菌に histamine 形成能がない例とみていいように思われる。

Ⅲ. 考　　察

木俣氏[17]は無糖カマボコの腐敗細菌を季節的に検討し，主として *Micrococcus* に属する球菌及び *Serratia*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, 並びに *Achromobacter* であり，一部を除いて，全て好気性の細菌が主に作用しているとしている。したがつて，無糖カマボコを包装したり，或は嫌気的に放置した場合，これらの細菌が酸素分圧との関係から，その生育を阻害* されるのは当然であろう。

澱粉は有芽胞の桿菌によって，甚だしく汚染されていることは前報[18]に於て，或は木俣氏[19]により明かにされ，これがカマボコ製造工程中の熱に堪えて残存し，腐敗に影響することを述べた。ところで，第1，2表に於ける如く，また塩酸ゴムで包装し，一般に多量の馬鈴薯澱粉を添加して製造する市販の魚肉ソーセージは，澱粉中の汚染細菌が製品にかなり残存していると考えられるが，極めて貯蔵性がいいのである。これは前述の理由の如く，好気性の汚染細菌が包装することによつて resting の状態となり，これが保蔵性を高める原因となるものと思われるのである。

したがつて，無糖カマボコを包装して貯蔵しようとするさい，注意さるべきは，通気性の少ないケーシング**を選ぶこと，及び気密に肉詰することである。この意味で，今日一般に製造されている魚肉ソセージは加熱の問題と併せて，これらの条件を比較的よく満足しているものと思う。

通性嫌気性である無芽胞桿菌が，無糖カマボコより分離されているが，これらは熱抵抗が弱く，予かじめ

* 例えば J. Burrows "細菌学" 秋葉朝一郎，四方敬一訳，創元社　東京 (1952) 第1巻，pp 89.

** 前述の P.K.W. Steinke の報告では，通気性の少ない saran を推奨している。塩酸ゴムと共に良好なケーシングと思われる。

包装し，しかる後加熱する魚肉ソーセージ等の場合では，カマボコの加熱のさいに死滅されるものと思う。たとえ，加熱が不充分で残存した場合でも，かゝる細菌は偏性嫌気性細菌[10]の *Clostridium* 或は *Diplococcus* で見られるような含窒素化合物を基質とした醗酵を行うことは困難であろう。いずれとしても，無糖カマボコは，含糖カマボコより包装によつて保蔵しやすいとみてまちがいなかろう。

含糖カマボコの腐敗細菌は，無糖カマボコとちがつて *Streptococcus*, *Leuconostoc* 等の糖より酸を特異的に形成する細菌が主仂的に作用していることを，木俣氏[21]が明かにしている。即ち，これらの細菌は典型的な homolactic fermenter に属する細菌である。したがつて，含糖カマボコを包装或は嫌気的に放置して空気の流通が阻害されれば，著しく乳酸の形成されるのは，むしろ当然のことであろう。細菌による乳酸の形成機構は，酵母，筋肉による乳酸形成と本質的には同じ過程をたどるとされ，また生物のもつ基本的な代謝とみなされているので，含糖カマボコの乳酸形成も恐らく同一視していいのであろう。

つぎに，含糖カマボコの乳酸形成の主な母体である蔗糖には，二，三の検討が必要であるように思う。即ち *Streptococcus*, *Leuconostoc* の如き球菌類は，sucrose に作用して dextran 或は levan[22] のような glucose polymer 或は fructose polymer を合成することが知られている。このさい，合成が起る一方では sucrose の構成単糖類のどちらか一方が遊離してくる。つまり，含糖カマボコに添加された蔗糖は，分解されつつ一方では dextran の如き粘稠性の多糖類の合成母体となり，これがネト形成に関係しているように思われる。そして，合成の副産物として遊離される単糖類が酸形成の母体となり得るように考えられるのである。事実，含糖カマボコの腐敗中の蔗糖の消長をみると，蔗糖の減少と共に単糖類の増加及び酸の増大が見られる。この点はネト形成機構の問題と併せて，含糖カマボコの保蔵の点からも重要と思われ，二，三追試中である。

カマボコの腐敗に伴つて，histamine が形成されないのは，第7表に示した如く，これに関係している細菌に histidine 脱炭酸酵素を欠くことに基因しているものと思う。E.F. Gale[23] 氏も球菌類には，その形成能が微弱であると報告しており，木俣氏[24] も histamine 形成細菌の分布は，かなり限ぎられたものの如くであることを報告している。

最近，小田原カマボコの摺身を二，三の工場より採取し，ペーパークロマトグラフにより histidine の有無を検討してみたところ，全く検出されなかつた。このことは，基質の点から見ても小田原カマボコの場合 histamine は形成されないと見て間違いないと思われる。

しかし，細菌の脱炭酸作用は中和の機構として説明されるのであれば，何らかの方法により含糖カマボコの腐敗中には，これが行われるであろう。一般に小田原カマボコは，調味料として多量のグルタミン酸ソーダを添加する。しかも，本アミノ酸は細菌性脱炭酸酵素の対称となり得るアミノ酸にあげられているので，むしろこれに注目すべきかも知れない。

要　　約

1) 無糖カマボコ（醗酵性の糖を含まぬ意味）をポリエチレンで包装すると，かなりの保蔵効果がある。また，pyrogallol で脱酸素した環境下に無糖カマボコを放置しても，同様の効果が得られる。こうした関連より，包装効果の原因には，包装することによつて内部の酸素分圧が低下し，これが好気性の腐敗細菌の生育を阻害し，保蔵効果を高める原因となると考えられる。したがつて，魚肉ソーセージ等の無糖製品を包装して保蔵しようとするさい注意さるべきは，通気性の少ないケーシングを用いること，及び気密に肉詰することである。

2) 包装効果の原因に酸素分圧の問題が関係していれば，醗酵性の糖を含む場合にはその保蔵効果は無糖の場合と同一であり得ない。含糖カマボコ（小田原カマボコ）を包装或は脱酸素状態に放置すると，乳酸形成及び pH の低下が速進され，腐敗を早める傾向となる。

3) 小田原カマボコの中心部温度を 65°C から 85°C まで，5°C 間隔になるような製品を作成して，その腐敗状況を見ると 70°～75°C を境界として，高温処理したものは保蔵性が高まることが認められる。残存細菌を検定すると 70°C 以下の場合は，グラム陽性の球菌類が圧倒的であるに反して，この温度以上では有芽胞桿菌の割合が多くなる。

4) 細菌性脱炭酸酵素は酸性培地に於て活性化されるとしている。含糖カマボコは腐敗にさいして pH の

低下を来たし，脱炭酸作用には好適の条件を与えるようにみえる。histamine を対称とし，小田原カマボコの腐敗中に於けるこのものの消長をみると，腐敗に伴つて増大されぬことが認められる。また，人為的に histidine を添加した場合でも同様に増大されない。これは，含糖カマボコの腐敗に関与している細菌には histamine 形成能がないものと推察する。

また，小田原カマボコの摺身をペーパークロマトグラフにより histidine の有無を検討すると，殆んど検出されぬ例が多い。白身の魚肉を主原料としていること，更にこれを水晒するのであれば，製品そのものに histamine の母体が僅少か全く含まれないものと考える。いずれとしても，細菌及び基質の両面からみて，小田原カマボコの腐敗に伴つて histamine が形成されないことが認められる。

参　考　文　献

1) 野口栄三郎：日本海区水産研究所年報，第1号，昭和 29.
2) 日笠七郎：日水会誌，**19**，571～578 (1953).
3) 横関源延：北海道区水産研究所研究報告，**11**，82～89 (1954).
4) P.K.W. Steinke & E.M. Foster：Food Research, **16** (4), 289～293 (1951).
5) 化学実験学：第2部，第 12 巻，河出書房刊，東京 (1947), pp. 310.
6) 逸見文雄，友枝幹夫：日農化誌，**19** (6), 338 (1943).
7) 神立　誠，西　宏：日農化誌，**23** (5), 194 (1949).
8) 二国二郎："栄養化学"改稿版。岩波書店，東京 (1954), pp. 103.
9) 門田　元：日水会誌，**19**，916～920 (1953).
10) 木俣正夫：日水会誌，**16**，457～460 (1951).
11) 横関源延他：日本水産学会秋期大会講演 (1954).
12) E.F. Gale："Organic Nitrogen" C.H. Werkman P.W. Wilson, "Bacterial physiology" pp. 437～440 (1951).
13) M. Kimata：The memoris of research institute for food science, Kyoto University No. **5**, pp. 25～54 (1953).
14) 佐竹一夫：腐敗研究所報告，第3巻，pp. 21～23 (1950).
15) J.B. Sumner："Chemistry and method of enzymes" (1953), pp. 306.
16) 清水　亘：日水会誌，**15**，35～40 (1949).
17) 木俣正夫：日水会誌，**16**，46～49 (1952).
18) 横関源延：北海道区水産研究所研究報告，**5**，21～29 (1952).
19) 木俣正夫：日水会誌，**16**，55～58 (1951).
20) B.A. Fry："The nitrogen metabolism of micro-organisms" (1955), pp. 20～22.
21) M. Kimata：Memoris of the college of agriculture, Kyoto Univeusity No. 59, pp. 68～81 (1951).
22) H.A. Barker："Degradation and synthesis of complex carbohydrates", C.H. Werkman, P.W. Wilson "Bacterial physiology", pp. 531～544 (1951).
23) E.F. Gale：Advance in enzymology **6**, pp. 1～32 (1946).
24) 木俣正夫：日本水産学会春期大会講演，(1954).

未利用水産動物の餌料化に関する研究—I.
ヒトデより飼料の製造

東 秀雄・村山繁雄・簗瀬正明・田部井菊子
(東海区水産研究所)

Studies on Utilization of Worthless Marine Animals for Feed—I.
Production of Starfish Solubles for Feed

Hideo HIGASHI, Shigeo MURAYAMA, Masaaki YANASE and Kikuko TABEI

The starfish, *Asterias amurensis* Lütken, propagated suddenly in Tokoy Bay, from October 1953 to March 1954, and gave severe damage to the clam culture. Since that time, our attention has been directed to the possibilities of utilization of this species or others of Asteroid for feed-stuffs, not only on account of its abundance but because it must be exterminated, if possible, in order to protect the clam from the starfish attacks.

As the starfish contains much more calcium than fish, it is necessary to exclude the greater part of the calcium from starfish for the purpose of preparing feed-stuffs rich in protein (Tables 2,3). We attempt to separate the calcium from starfish by digesting it by protease.

The protease process we adopted was as follows;

To 1 part of raw stasfish is added 1 part of water and 0.02 part of a commercial bacterium protease "Bioprase,"* and the mixture is warmed to 50~55°C for 1~2 hours while continuously stirred. Owing to this enzymic digestion, the body wall of starfish is crushed to white pieces of calcium carbonate and precipitated (Table 5; Figs. 1,2). The precipitated calcium is filtered. The filtrate contains favourably small amount of calcium and considerable amount of various vitamins (Table 6). In place of "Bioprase", animal internal organ, e.g. liver of blue crab can be used for the starfish digestion (Table 7). The filtrate (the starfish solubles) is evaporated in an open iron pot until the moisture is less than 50 per cent. In the condensation of starfish solubles, the loss of vitamins are very little (Table 8).

That the concentrated starfish solubles has no toxicity is proved by feeding experiment with rats (Tables 10, 11, 12; Fig. 3).

* It is aqueous preparation which is produced by culturing *Bac. subtilis var. Biotecus* and has 340 units gelatin digesting activity.

I 緒 言

ここで云う未利用水産動物とは一般有用魚介類と混獲せられる水産動物で，従来は利用価値が少い為漁業者が廃棄或はその極く一部分しか利用していないもの及び従来多量に棲息して居ても産業的に採取せられていない水産動物を指す。例えばヒトデ類，ホトトギス，イガイ或はトロール漁業に於て混獲され廃棄せられている種々の水産動物等はこの未利用水産動物に該当する。それらのものの利用が今日まで緊急の問題とされなかつたのは適切な利用法がなかつたこと及び目的とする漁獲物のみで採算がとれて居たからであろうが，水産業の合理化或は有害水産動物の駆除という点からこれらの未利用水産動物を有用資源として活用する事が望ましい。

殊にヒトデ類は時に大量に発生し有用貝類を捕食する為被害が甚だしく，その駆除が要望されている。昭和 28~29 年に東京湾に於てヒトデが養殖アサリ，ハマグリに甚大な被害を与えた事は周知の如くである。

従来ヒトデ類はその極く一部が肥料として用いられているだけで飼料には殆んど向けられていない。ヒトデの飼料化に関する試験では本邦に於ては戦前ヒトデミールを養魚飼料とする試みが行われたことがある

1955 年 7 月 7 日受理 (印刷費負担) 東海区水産研究所業績 B第 215 号

がその後ヒトデ飼料化は実現されて居ない。

アメリカに於ても古くよりアメリカ北東海岸の養殖カキが屢々ヒトデ（*Asterias Forbesi* Desor）の被害を受け殊に 1940～1941 年に大きな被害を蒙ったことがある。この被害が契機となって WHITSON 等[1]はヒトデの利用に関する研究を進めた。WHITSON 等はヒトデ全体を乾燥粉砕して得たヒトデミールについて雛による動物試験を行った結果，ヒトデミールは基本飼料に対しその添加量が 3～5％程度ならば動物蛋白源として魚粉同様の効果を示すが，それ以上では害作用が認められ，その害作用はヒトデミール中の多量の無機物によるものであると報告している。

ヒトデミールは無機物が多く従って蛋白含量が魚粉に比し著しく少いことが従来飼料化を阻止して居た点であろう。又古来ヒトデ中には有毒物が存在するとも云われ，沢野，三木[2]はヒトデの胃壁の浸出液がカキを斃死せしめると報告し，又秋谷[3]，安藤[4]はヒトデ搾粕が蛆の発生を防ぐことを報告している。これらのこともヒトデ飼料化の障碍になっていた様である。

たまたま当研究所に於てヒトデ盲嚢にビタミン B_{12} が多量に含有されている事を見出したが[5]，引き続きヒトデを原料として優秀な飼料を製造する研究を行い，ヒトデを酵素処理し大部分の無機物を分別しヒトデエキスを製すればヒトデより栄養価の高い飼料が得られることが略々明らかになったのでここに報告する。

著者等の方法によって得られたヒトデエキス濃縮物が，実際に飼料としてどれ程の価値があるかについては目下東京大学農学部佐々木教授が検討されている。

Ⅱ 実 験 の 部

（1） 実験に用いたヒトデ

ヒトデ類は種類が非常に多いが試料としては著者等は当研究所で採取に最も都合のよいヒトデ（*Asterias amurensis* LÜTKEN）（俗称キヒトデ）を使用して実験を行った。

1—1 ヒトデ体各部の重量

新鮮なヒトデ数個について測定した体各部の重量は第1表の如くである。

Table 1. ヒトデ（*Ast. amurensis*）体各部の重量
Weight of starfish (*Ast. amurensis*) by anatomical parts.

個体数 No. of individuals	性別 Sex	体重 Body weight (g.)	生殖腺 Gonad (g.)	盲嚢 Pyloric caecum (g.)	体壁 Body wall (g.)	その他 Others (g.)	備考 Note
1	♂	68 (100)*	18 (26)	6.9 (10)	36 (53)	7.1 (11)	東京湾 Collected in Tokyo Bay, 29年2月下旬 Feb. 1954 産卵前 before spawning
1	♀	86 (100)	24.5 (28)	9 (11)	42 (49)	10.5 (12)	〃 〃
3	♀	72 (100)	9.9 (14)	10.9 (15)	40.9 (57)	10.3 (14)	〃 〃 29年4月下旬 Apr. 1954 産卵後 after spawning

* （ ）内は体重を 100 とした場合の各部の割合を示す。
Figures in bracket indicate per cent by weight of the parts to body weight.

第1表に見る如く生殖腺及び盲嚢の全体重に対する割合は 29～39% で一般魚類に比し寧ろ大きい。卵の重量が比較的大きいので産卵前のものは産卵後のものに比し内臓の割合が遙かに大きい。

1—2 ヒトデの一般成分

ヒトデ類の一般成分はヒトデの種類及び時期により差があるが，例として昭和 29 年6月東京湾に於て採取したヒトデの一般成分を第2表に示す。

第2表に見る如く，ヒトデは灰分が著しく多い。灰分中の炭酸石灰，燐及び鉄を定量した結果を第3表に示す。

Table 2. ヒトデの一般成分
Chemical constituents of starfish.

水分 Water	75.0%
粗蛋白質 Crude protein	7.7
粗脂肪 Crude Fat	1.4
糖質 Carbohydrate	2.0
灰分 Ash	13.0

Table 3. ヒトデ灰分の組成
Ingredients of ash in starfish.

$CaCO_3$	P $\{C_{a_2}(PO_4)_3\}$		Fe
97.0%	0.42%	2.25%	0.013%

第3表に見られる如く灰分の大部分は炭酸石灰であり，この炭酸石灰はヒトデ体壁に由来するものである。

1—3 ヒトデのビタミン類含量

ヒトデに於ても魚類と同様にそのビタミン類の大部分を内臓（主として生殖腺，盲嚢）に含んでいる。ヒトデ体中のビタミンA, B_1, B_2, B_6, B_{12} 含量を測定した結果を第4表に示す。

Table 4. ヒトデのビタミン類含量（自然物 100g 中）
Contents of vitamins in starfish (in 100g fresh matter).

	生殖腺 Gonad	盲嚢 Pyloric caecum	体壁 Body wall
ビタミン A (I.U.) Vitamin	630	500	
〃 B_1 (γ)	600	450	50
〃 B_2 (γ)	450	400	30
〃 B_6 (γ)		80 (盲嚢及び生殖腺 Pyloric caecum and Gonad)	
〃 B_{12} (γ)	2.8～29	5～70	0.7～8.0

これ等のビタミン類の中に特に B_{12} は盲嚢中に濃厚に含まれて居ることは既に発表した如くであるが，盲嚢中の B_{12} 含量は採集時期，場所等により著しく差がある。盲嚢中の B_{12} 含量は濃厚な場合は魚類肝臓十数倍も含まれるが，少い場合は 100g 中 5γ 程度で一般魚類の肝臓と同程度である。B_{12} の多い場合は例外なしに卵の大きい時で少い場合は産卵後である。これ等のことから B_{12} は産卵行為により消費されると考えられるがその詳細は別に報告する[6]。

（2）ヒトデを酵素により処理し無機物を分別する方法。

第2表に見られる如くヒトデには灰分が多い。その灰分の大部分は体壁の炭酸石灰である。ヒトデの成分から炭酸石灰を除き得ればヒトデの一般成分は一般魚類に近い値を示すことになる。炭酸石灰を除く方法は色々考えられるが我々はプロテアーゼを用い簡単に炭酸石灰を除去することに成功した。その方法を次に述べる。

2—1 ビオプラーゼによる処理

ヒトデを釜に入れ等量の水を加え，酵素製剤ビオプラーゼ* をヒトデ重量の 1～2% 加え，攪拌し乍ら加熱し液温を 1～2 時間 50～55°C に保持する。この際局部的に温度が上昇するのを防ぐため充分攪拌することが肝要である。酵素による分解が進むと共にヒトデ体壁組織は細砕破壊せられ，炭酸石灰は粒状をなして沈降し，内臓，肉質部は石灰質より分離する。この際内臓，肉質は一部液化するも大部分は水に不溶の懸濁物になっている。次に更に加熱し，煮沸せしめた後静置すれば上層は水溶部，中層に不溶の内臓肉質が懸濁し下層に炭酸石灰が沈澱する。この際脂質の一部は上表面に浮上する。上層部及び中層部を汲みとり，下層の炭酸石灰の沈澱を荒い濾布で濾し，更に沈澱を少量の水で洗う。（以下上層部，中層部及び下層部の濾液洗滌液を合したものをヒトデエキスと名付ける。）以上の酵素処理工程を第1図に示す。

第1図に於ける原料ヒトデの成分及びエキス部，沈澱部の収量及び成分を第5表に示す。

第5表に見る如くヒトデを酵素処理すれば原料ヒトデ中の蛋白は約 97% がエキス部（上層部及び中層部）

* 細菌プロテアーゼ液状製品，菌名 *Bac. subtilis var. Biotecus*，製品力価：ゼラチン液化力単位 340，作用最適 pH：7.0～7.3 （尼崎市，長瀬産業製）

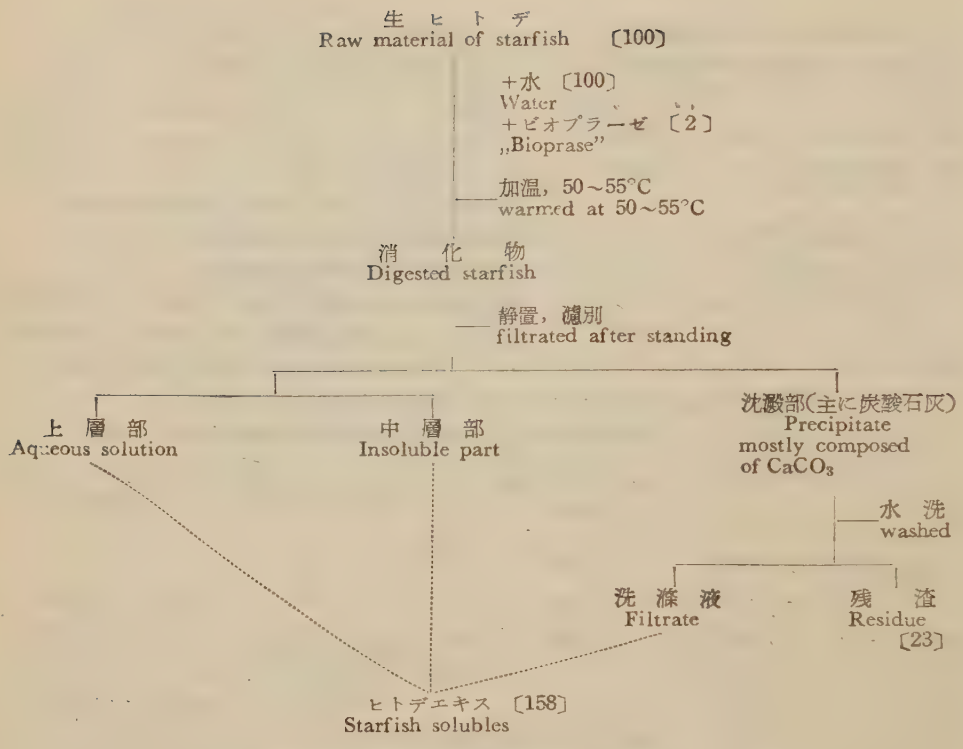


Fig. 1. ヒトデの酵素処理工程
Procedure for enzymic digestion of starfish

Table. 5. ヒトデエキス，沈澱部の収量及び組成
Yields and ingredients of solubles and precipitate in the process of enzymic digestion of starfish.

	原料ヒトデ Starfish used (kg.)	エキス部 Solubles (kg.)	沈澱部 Precipitate (kg.)
重量 Weight	10	15.8	2.8
固形物 Dry matter	2.5	1.34	1.1
粗蛋白質 Crude Protein	0.77(100)*	0.75(97)	0.023(3)
灰分 Ash	1.3 (100)	0.21(16)	1.07(82)

* ( ) は原料ヒトデ中の粗蛋白質，灰分を 100 とした場合，エキス部，沈澱部中の各成分の量を示す
Figures in bracket indicate per cent by weight of crude protein and ash in solubles and precipitate to them of starfish used.

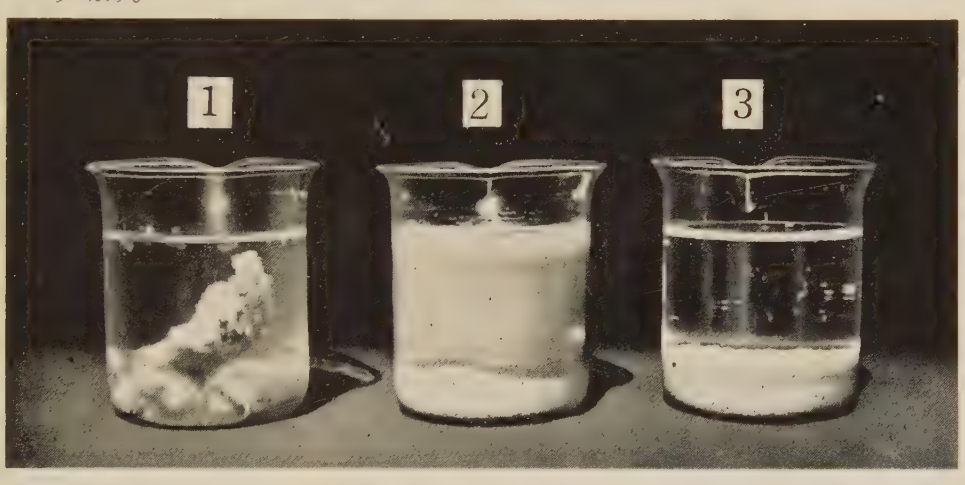
に移行し灰分（主として炭酸石灰）の約 80% は沈澱除去し得る。かくして得られたヒトデエキスの成分は第6表の如くである。

第6表に見る如く酵素処理により沈澱した炭酸石灰を除いて得られたヒトデエキスの一般成分は，従来飼料として用いられている魚粉と略々同様で而もビタミン類含量は魚粉より遙かに濃厚である。

Table 6. ヒトデエキスの一般成分及びビタミン類含量
Typical analysis of starfish solubles.

成分 Ingredients	無水物中 (in dry matter)	ビタミン類 Vitamins	無水物 100g 中含量 (in 100g dry matter)
粗蛋白質 Crude proten	58%	B_1	570 γ
粗脂肪 Crude Fat	13%	B_2	1200 γ
糖質 Carbohyrate	8%	B_6	260 γ
灰分 Ash	16%	B_{12}	100 γ
		Carotene	2400I. U.

ヒトデ体壁の炭酸石灰の分離沈澱状態を示す為 100cc のビーカーで小規模に行つた実験結果を第2図(写真 1～3)に示す。



1. 原料ヒトデ Raw material of starfish
2. ビオプラーゼにより消化したヒトデ Starfish digested by "Bioprase"
3. 水洗せる沈澱部 Washed precipitate

Fig. 2. 酵素によるヒトデの消化
Photograph illustrating enzymic digestion of starfish.

写真1はヒトデを酵素処理する前のもので写真2は酵素処理後静置したもので上層部，中層部及び沈澱部に分れているのが観察される。写真2の上層部，中層部を除き，沈澱部を水洗したものが写真3で粒状の炭酸石灰が分離されている。

2—2 水産動物内臓等の天然酵素による処理

以上の酵素処理の実験は酵素としてビオプラーゼを使用した例であるが，ビオプラーゼの代りに水産動物内臓等の天然酵素を使用しても同様の目的を達せられるはずである。天然酵素としてカニの肝臓を酵素原料として使用しヒトデを処理せしめた場合の実験例を次に述べる。

生ヒトデを 4～5 片に切断したもの 300g に対し，これに略々等量の水を加えた後，ガザミ肝臓を2%及び5%添加し，45°～50°C に保つて時々攪拌する。反応時間5時間後に於て荒い濾布を用いて濾過し，その濾過残渣の重量を測定した。対照として肝臓無添加即ちヒトデ内臓の自己消化によるもの及びビオプラーゼ2%添加したものについて同様の操作をなした。その結果を第7表に示す。

ガザミ肝臓を5%添加した場合はビオプラーゼ2%添加と同様にヒトデ体壁は略々完全に破壊せられ，濾過残渣は石灰質が大部分でヒトデ消化の目的を達し得るが，ガザミ肝臓2%添加した場合はビオプラーゼ2%の場合に比し遙かに劣り，自己消化の場合と差がない。即ち水産動物内臓等の天然酵素を使用してもその

Table 7. ガザミ肝臓によるヒトデの消化試験
Enzymic digestion of starfish using liver of blue crab (*Neptunus tritube culatus* MIERS).

添加酵素 Variety and amount of protease added		原料ヒトデ Weight of starfish used (g.)	濾過残渣 Weight of filtrate residue (g.)
ガザミ肝臓 Liver of blue crab	5%	300	36.5
〃	2%	300	63
ビオプラーゼ Bioprase	2%	300	38
自己消化 None (Autolysis)		300	59

酵素力によつて適当量を用いればヒトデより大部分の炭酸石灰を除き得る。

（3） ヒトデエキスの濃縮

酵素処理法で製したヒトデエキスは水分多くそのままの状態では保存することが出来ない。腐敗を防ぐため濃縮する必要がある。濃縮に際してはビタミン等有効成分の破壊を防ぐため真空蒸発装置によつて濃縮を行う事が望ましいが，我々は漁場に近い沿岸で簡単に操作する場合を考え平釜による直火濃縮を行い，その際ビタミン類が如何に変化するかを吟味した。酵素処理により得たヒトデエキス約 70kg を，径 62cm，深さ 21cm の鉄製丸底釜に入れ，直火で加熱濃縮した。濃縮中はエキスが絶えず加熱沸騰せしめ，且つ攪拌を充分に行う。加熱4時間にしてエキスは攪拌困難となる迄濃縮された。濃縮前後に於けるヒトデエキス中の水分及びビタミン類の変化を第8表に示す。

Table 8. ヒトデエキスの濃縮に於けるビタミン類の変化
Variation of vitamins contents of starfish solubles in process of concentration.

	水分 Moisture %	ビタミン含量（無水物 100g 中） Vitamins contents (in 100g dry matter)		
		B_1 γ	B_2 γ	B_{12} γ
濃縮前 Before concentration	86	400	1200	100
煮沸4時間後 After concentration (boiled for 4hrs.)	49	320	1150	100

第8表に見られる如くビタミン B_1 はやゝ減少するが，ビタミン B_2 及び B_{12} は濃縮中減少しない。もとより他の有効成分の濃縮による変化についても吟味する必要があるがヒトデエキスの濃縮は減圧濃縮等によらなくても単に直火濃縮でも相当栄養価の高いエキス濃縮物が得られる。

ヒトデエキスをどの程度迄濃縮すれば，腐敗しにくくなるかを知るため，上記の濃縮操作中3段階に於てヒトデエキス濃縮物を採取し，それらの試料を 30°C の恒温器中に2日間放置して，腐敗の程度及びビタミン B_{12} 含量の変化を観察した。それらの結果を第9表に示す。

第9表に見る如く水分 49% のヒトデエキス濃縮物は全然腐敗せず，水分の含量の大なるものは腐敗している。ビタミン B_{12} は腐敗と共に著しく減少する。尚水分 49% のヒトデエキス濃縮物を，其の後室内に放置したが数ケ月後も腐敗の徴候が見られなかつた。

（4） ヒトデエキスの栄養価及び毒性

ヒトデエキスの毒性の有無を知るため白鼠を用いて栄養試験を行つた。体重 60～80g の rat 30 匹を使用し雌雄計10匹を一群として3種の試験区に分け，第 10 表の如く基本飼料に蛋白源としてヒトデエキス，

Table 9. ヒトデエキスの腐敗によるビタミン B_{12} の減少

Decrease of vitamin B_{12} contents in starfish solubles due to its putrefaction.

水分 Moisture %	ビタミン B_{12} 含量 (γ/無水物 100g) Content of vitamin B_{12} (γ/dry matt. 100g.)		備考 Note
	濃縮直後 After concentration	貯蔵日数2日, 30° c After storage (2days at 30°c.)	
86	100	10	腐敗 Putrefied
72	102	13	腐敗 Putrefied
64	96	94	やゝ腐敗 Slightly putrefied
49	104	104	腐敗せず Not putrefied

対照としてカゼイン及び魚粉（サバを原料としたもの）を添加した。

供試ヒトデエキス濃縮物の成分を第 11 表に示す。

Table 10. 飼料組成

Composition of diets

基本飼料 Basal diets	澱粉 Starch	79%
	大豆油 Soybean oil	5%
	マツカラム混合塩 MacCollum salts mixture	3%
	乾燥酵母 Dry yeast	3%
	肝油 Liver oil	1日1匹当り 30I.U. ビタミン A vitamin A 30I.U. daily per rat
添加試料 Samples added	1 ヒトデエキス Starfish solubles	10%*(粗蛋白として) as crude protein
	2 カゼイン Casein	
	3 魚粉（サバ） Fish meal (mackerel)	

* 基本飼料 90g に対する添加量は，ヒトデエキス 27.2g.，カゼイン 13g.，魚粉 16g. になる。

Amounts of each supplements for 90g. basal deit are starfish solubles : 27.2g., casein : 13g., fish meal : 16g.

Table 11. 飼育試験に使用したヒトデエキス濃縮物の成分

Analysis of starfish solubles used in feeding experiment.

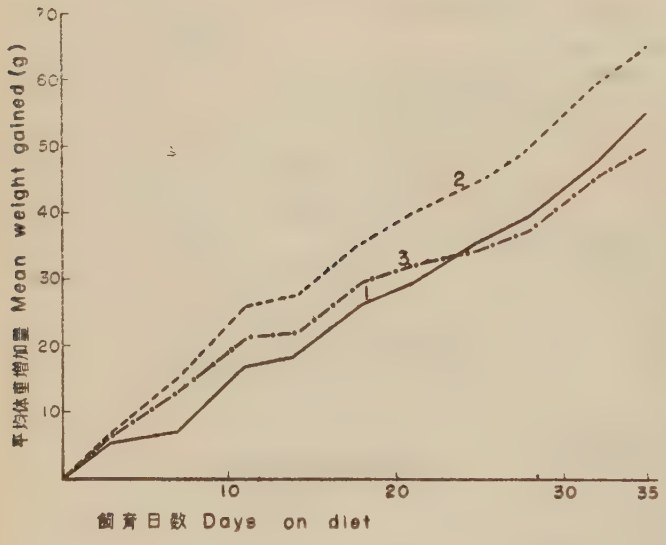
水分 Water %	粗蛋白質 Crude protein %	灰分 Ash %	ビタミン (γ/無水物 100g.) Vitamins (γ in 100g. dry matter)		
			B_1	B_2	B_{12}
34.2	36.7	11.0	290	680	20

各蛋白源の添加量は飼料中の粗蛋白含量が何れも 10% となるように各蛋白源の蛋白含量に応じて定めた。一週間の予備飼育の後，35 日間に亘って飼育試験を行った。基本飼料の投与量は初めの 27 日間は 10匹当り 1日 90g であり，以後一割増加せしめた。試験結果を第 12 表及び第3図に示す。

飼育中 30 匹の rat は何れも健全であった。飼育中の供試白鼠の外観及び第 12 表，第3図の体重増加より判断すればヒトデエキスの栄養価は高いものであり，この飼育試験の間には特別な毒性は認められなかった。

Table 12. 白鼠によるヒトデエキスの投与試験 (June 22～July 27, 1954)
Feeding experiment of starfish solubles with rats

試験区 Groups	個体数 No. of rats	実験開始時平均体重 Mean initial wt. (g.)	平均体重増加量 Mean weight gained (g.)				
			7th day	14th day	21st day	28th day	35th dax
1. ヒトデエキス飼料区 Starfish solubles ration	♂ 5 ♀ 5	71.40	7.25	18.55	29.50	39.35	54.60
2. カゼイン飼料区 Casein ration	♂ 4 ♀ 6	80.17	14.88	27.13	39.43	48.73	63.38
3. 魚粉飼料区 Fish meal ration	♂ 5 ♀ 5	74.00	13.10	21.35	31.58	36.90	48.85



1——Starfish solubles ration
2……Casein ration
3-•-•-Fish meal ration

Fig. 3. 白鼠によるヒトデエキスの投与試験
Feeding experiment of the starfish solubles with rats

Ⅲ 考 察

ヒトデ類は本邦沿岸に広範囲に分布し，生原料を特定の場所に大量に集荷することは原料の鮮度低下の点より望ましくない。従ってヒトデ採取地に於て簡単な操作により処理しヒトデエキスを製造し得れば相当多量のヒトデを飼料化することが出来る。著者等の考案した酵素処理によるヒトデエキスの製造法は，現地で手軽に行い得る方法と思う。

使用すべき酵素としてはビオプラーゼの如き酵素製剤の他に，Protease の強い水産動物臓器例えばカニの肝臓等を使用しても同様の効果をあげることが出来る。但しカニ肝臓の如き天然物は，その入手が時により困難な場合があるから随時大量のヒトデ処理を行うには効果的な市販酵素剤を使用する方が便利である。即ち酵素力が強ければ処理時間も短くてすみ，高温の季節に於ても処理中腐敗の恐れがない。

著者等はヒトデエキスをフスマに吸着させて乾燥物をつくる事を試みたが，ヒトデエキスに相当多量のフスマを加えなければ日乾によっては容易に乾燥しない。ヒトデエキスとフスマ（或は糠）の混合物を加熱乾燥すれば水分 10 %以下の乾燥物を得ることは容易であるが，ここに得られた乾燥物は非常に吸湿性である。この吸湿性は普通のフイッシュソリュブルをフスマに吸着させたものも同様である。これはヒトデエキス或はフイッシュソリュブル中にエキス分，糖質等を多く含む為であろう。

従来水産物から製せられた飼料は，魚粉の如く乾燥粉末としたものが多く，フイッシュソリュブルを飼料とする場合には日本では糠，フスマ等に吸着させて粉末化することが多く行われて居るが，フイッシュソリュブル，ヒトデエキス等を多量に飼料として利用するには，これ等の濃縮物を消費者に供給し，飼料給与の際フスマ，糠等と混合して使用するような方法を普及することが色々な点で有利であろうと思う。尚最近のビオプラーゼは本報に使用したものより強力になったので使用量は更に減少して差支えないと思う。

Ⅳ 摘　　要

1. ヒトデを原料としてこれを酵素により処理して飼料用エキスを製造する方法，エキスの濃縮及び濃縮エキスの飼料としての栄養価及び毒性について実験した。

2. ヒトデを酵素により消化しその大部分の炭酸石灰を分離し無機物含量の少いエキスを製造する方法を考案した。

3. 酵素としてはビオプラーゼが極めて効果的であるがカニ肝臓等の天然酵素を用いても同様の目的を達することが出来る。

4. ヒトデエキスはこれを直火釜により加熱濃縮してもビタミン類及び栄養価の低下は比較的少い。

5. 著者等の方法で得られたヒトデエキス濃縮物は蛋白質，ビタミン類に富み，飼料として優秀な栄養価をもつことを白鼠による飼育試験により確めた。又これを多量に白鼠に投与しても何等毒性が認められなかつた。

尙本研究の費用は一部文部省科学研究費によつたことを附記する。

Ⅴ 文　　献

1) Donald Whitson et al : Buletin of the Bingham Oceanographic Collection, Vol Ⅸ. Article 3
2) 沢野，三木：Science reports of the Tohoku Imp. Univ. 4 Series (Biology) 7, no. 1 (1932).
3) 秋谷六三：北海道水産試験場事業旬報，361，9，昭和 12 年；368，3，昭和 12 年
4) 安藤芳明：昭和 30 年 4 月，日本水産学会に於て発表
5) 簗瀬正明：本誌 19，1216 (1953).
6) 簗瀬正明：本誌 21，194～200 (1955).

水産動物のビタミン B_{12} について—V.
ヒトデのビタミン B_{12} について（其の二）

築瀬正明
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻 第三号 別刷
昭和三十年七月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 3, July, 1955

水産動物のビタミン B_{12} について—V. ヒトデのビタミン B_{12} について（其の二）

簗瀬正明
（東海区水産研究所）

Studies on Vitamin B_{12} of Aquatic Animals——V. Vitamin B_{12} of the Starfish (2)

Masaaki YANASE

Succeeding the previous report[1], further studies have been pursued as to the vitamin B_{12} contents of the yellow starfish (*Asterias amurensis* Lütken*) and ether species.

The vitamin B_{12} contents of starfish, in the pyloric caecum, gonad or body wall, were determined by the microbiological assay using *Euglena gracilis*.

Experimental results :

1. Seasonal variation of vitamin B_{12} contents of *Ast. amurensis* in TOKYO Bay was measured. The spawning season of this species was found to extend from January to April in that area, and the vitamin B_{12} level of the pyloric caecum in the individuals captured before spawning is much higher than that of those having completed spawning (Table 1).

2. Among various species investigated, *Asterina pectinifera* was found to be richest in vitamin B_{12} content in the pyloric caecum (Table 3).

1) M. YANASE : Bull. Jap. Soc. Fish., **19**, 1200 (1954).

* The sientific name of the yellow starfish has been corrected as avobe, instead of *Asterias amurensis versicolor* Sladen used in the previous report.

I. 緒　　言

前報[1]に於てヒトデ* の内臓はビタミン B_{12} を濃厚に含有し，有望な B_{12} 資源であることを発表した。その後同ヒトデにつき採捕時期及び場所を異にせる試料が入手出来たので，これら試料について B_{12} を測定した結果，ヒトデの B_{12} 含量はヒトデの産卵期と関係があることが判明した。又他のヒトデ類についても B_{12} を測定したので，これらを取りまとめ報告することにした。

II, ヒトデ (*Asterias amurensis* Lütken) の B_{12} 含量

(i) 実験方法

実験方法は前回と同様である。即ち B_{12} の定量は *Euglena* 法により，試料は Papain により蛋白消化せしめた後，これより B_{12} を熱水抽出した。

(ii) 実験結果

昭和 29 年 2 月～12 月中に東京湾に於て捕獲せるヒトデの中，腕長 6～9 cm の比較的大型の個体について体各部の B_{12} 含量を測定した。又岩手県産のヒトデについても，内臓の B_{12} を測定した。その結果を夫々第 1 表及び第 2 表に示す。

第 1 表に見る如く B_{12} は内臓，特に盲嚢に濃厚であつて，多い場合は一般魚類肝臓の 10 倍に達して居る。体体壁は内臓に比すれば B_{12} が少いが，それでも魚肉以上の濃度を有して居ることは意外に感ぜられる。東京湾産ヒトデについては，盲嚢の含量は採捕時期により相当の差があり，gonad の成熟度に比例して居る

1955 年 6 月 7 日受理（印刷費負担）東海区水産研究所業績 B 第 210 号

* 前報ではキヒトデ (*Asterias amurensis versicolor* Sladen) としたが，その後これはヒトデ (*Asterias amurensis* Lütken) である事が確められたので訂正する。

傾向が見られる。東京湾産ヒトデの産卵期は1～4月であつたが，産卵前の Gonad が成熟して居るものは産卵後の Gonad が消失せるものに比し，盲嚢中の B_{12} 含量は数倍濃厚になつて居る。斯くの如くヒトデ盲嚢中の B_{12} 含量が産卵前後で著しく差のあるのは B_{12} が産卵行為により多量に消費される為か或は採捕時期，棲息場所の差に基く摂取飼料の多寡によるものかは本実験の範囲では明かでないが，ともかくヒトデの産卵期とヒトデ盲嚢中の B_{12} 含量とは密接な関係があるらしい。筆者は他の事例から恐らく産卵行為による B_{12} の大量消費が原因であろうと推察して居る。

Table 1. Seasonal variation of vitamin B_{12} contents in starfish (*Asterias amurensis* L.) from Tokyo Bay.

(vitamin B_{12} contents : γ in 100 g. fresh matter)

No. of indiv.	Arm length (cm.)	Body weight (g.)	Maturity of Gonad		B_{12} contents: Pyloric caecum	Gonad	Body wall	Locality and date collected
1		68	++	before spawning	45	29	0.7	Urayasu, Tokyo Bay, Feb. 25, 1954
1		86	++		70	5.7	0.8	〃 〃 〃 〃
1		48	++		32	5.6	—	〃 〃 mar. 10, 〃
19		37	++		14 (whole body)			〃 〃 〃 〃
3	7.5,7.6 9.0	69	++		60	2.8	8.0	Sunamachi, 〃 Apr. 22, 〃
2	7.0,8.5	63	++		36	15	1.1	〃 〃 〃 〃
3	7.0,7.6 9.4		+	after spawning	16	—	—	Urayasu, 〃 〃 〃
5	6.7～8.0	47	+		13	—	—	Sunamachi, 〃 may 20, 〃
5	5.5～7.2	42	+		11	—	2.4	〃 〃 may 27, 〃
1	11.4	120	+		14	—	1.2	Naraha, 〃 Oct. 15, 〃
1	8.0	45	−		16	—	—	〃 〃 〃 〃
1	6.2	22	−		4.7	—	2.0	〃 〃 〃 〃
1	9.0		++		46	18	—	Namamugi, 〃 Nov. 28, 〃
1	8.0		++		22	20	—	〃 〃 〃 〃
1	7.0		++		25	17	—	〃 〃 〃 〃

Table 2. Vitamin B_{12} contents in starfish (*Asterias amurensis* L.) from Iwate prefecture *

No. of indiv.	Arm length (cm.)	Body weight (g.)	B_{12} contents (γ/100 g)
1	15	195	8 (in pyloric caecum)
1	6.7	128	42 (〃)
1	7	32	5 (〃)
1	14.3	200	14 (in pyl. cae. and gonad)

* The specimens were collected at Kamaishi, Iwate prefecture in November, 1954. The spawning season in this area is from july to Angust.

第2表岩手県産ヒトデの場合にあつては，その産卵期は7～8月である。供試個体の B_{12} 含量がそれ程濃厚ではないのは，採捕時期が産卵期から離れて居ることがその一原因と考えられる。

Ⅱ．ヒトデ（*Asterias amurensis* L.）以外のヒトデ類の B_{12} 含量

ヒトデ（*Asterias amurensis* L.）以外のヒトデ類について B_{12} を測定した結果を第3表に示す。

各ヒトデ類に於ても採捕時期，場所によりその B_{12} 含量に相当の変動のあることが予想せられるが，得られた測定値の範囲内では，供試ヒトデ類の中イトマキヒトデ（*Asterina pectinifera*）に於て盲嚢に B_{12} が著しく濃厚である例が見られる。イトマキヒトデは東北及び北海道地方に於ける代表的なヒトデである。その他のヒトデ類には特に B_{12} の濃厚な例は見られなかつたが，それらのヒトデ類にあつても，ヒトデ体中の B_{12} 含量は一般魚類の魚体中の B_{12} 含量に匹敵するといい得よう。

Table 3. Vitamin B_{12} contents in other varieties of starfish.

Species	No. of indiv.	Arm length (cm.)	Body weight (g.)	B_{12} contents (γ/100 g.) Pyloric caecm	Gonad	Locality and date collected
スナヒトデ *Luidia quinaria*	1	5.6		4.6		Sunamachi, Tokyo Bay, Apr., 1954
	10	10～10.5	27	3.3 (whole body)		〃 〃 July 3, 〃
モミヂガヒ *Astropecten scoparius*	4	4.0～4.5	8.7	14	14	Nakanose, 〃 June 1, 〃
	10	3～4	8.0	2.9 (whole body)		Sunamachi, 〃 July 3, 〃
トゲモミヂガヒ *Astropecten polyacanthus*	1	6.6	18.5	24	9	Nakanose, 〃 June 1, 〃
イトマキヒトデ *Asterina pectinifera*	1	6.2	80	75		Kamaishi, Iwata pref. Nov., 〃
	1	5.5	70	11		
	1	5.5	72	140		
アカニチリンヒトデ *Solaster borealis*	1	11		5.4	2.3	West coast of Kyushu, Nov., 〃
	2	6.0,6.0		3.2	5.6	Choshi, Chiba pref. Mar. 10, 1955
アオヒトデ *Linckia laevigata*	1	11.5		9.2		〃 〃
				3.2 (body wall)		〃 〃
Leptychaster arcticus	1	4.5		3.7	0.9	West coast of Kyushu, Nov., 1954
Henricia ohshimai	2	9.5,9.5		10	3.5	〃 〃 〃 〃

摘　　要

Euglena 法によりヒトデ（*Asterias amurensis* L.）及びその他ヒトデ類の B_{12} 含量を測定し，次の結果を得た。

1. 東京湾産ヒトデ（*Asterias amurensis* L.）盲嚢の B_{12} 含量は産卵前に多く，産卵後に減少する。
2. その他供試ヒトデ類の中ではイトマキヒトデ（*Asterina pectinifera*）が盲嚢に B_{12} が濃厚であつた。

終りに，試料の提供を仰いだ岩手県水産試験場，並びに本報告を校閲せられた東秀雄博士に感謝する。

文　　献

1) 著者： 本誌，**19**. 1200 (1954).

水産動物のビタミンB_{12}について—Ⅵ. 魚類の胃及び腸内容物のビタミンB_{12}含量

簗瀬正明
（東海区水産研究所）

Studies on Vitamin B_{12} of Aquatic Animals—Ⅵ. The Vitamin B_{12} Level in the Gastric and Intestinal Contents of Fish

Masaaki YANASE

By measuring vitamin B_{12} amounts of gastric and intestinal contents for various species of fish according to the bioassay using *Euglena gracilis* the following results were obtained :

1. In case of fishes listed in Table 2, vitamin B_{12} level of intestinal contents is much higher than that of gastric contents, suggesting that bacteria synthesize vitamin B_{12} in intestnal tract. The intestinal contents of such high B_{12} values may be considered as an important B_{12} source in manufacturing fish solubles from these fishes.

2. The intestinal contents of the fishes shown in Table 3 reveal no singificant increase in B_{12} level as compared with the gastric contents. It is presumed that vitamin B_{12} synthetic activities of the intestinal bacteria are only weak or absent in these fishes.

Ⅰ 緒　　言

自然界に於てビタミンB_{12}が放線菌及び種々の細菌により生産せられることは周知の事実であり，動物体内に於ても反芻類を始め諸種の動物では反芻胃，腸内に於てこれら微生物によりB_{12}が合成され体内の栄養に利用されることが確められて居る。

魚類についても同様の事実が当然予想され，橘本[1]はコイの養殖試験を行つて，コイの成育上餌料にB_{12}を添加しても無益であり，コイがB_{12}を自給し得ることを認め，恐らく腸内微生物によりB_{12}が生産されるものとした。

諸種の魚類について腸内微生物によるB_{12}生産の有無，程度を知ることは魚類に於けるB_{12}の生理的意義を明らかにする上からも，又 fish solubles 中のB_{12}源の問題と関聯して必要である。斯かる見地から著者は諸種の魚類の胃及び腸の内容物のB_{12}含量を測定し比較して見た。

Ⅱ 実 験 方 法

（1） B_{12}の定量法及び試料の処理

B_{12}の定量は従来通り *Euglena* 法によつた。試料は予め水を添加し加熱殺菌した後 papain で蛋白消化せしめこれよりB_{12}を熱水抽出した。

（2） 胃及び腸内容物の採取

鮮魚を開腹し，多くの場合腸の後半部の内容物を肛門よりしぼり出し，これを腸内容物の供試料とした。小魚の場合は腸全体の内容物を使用した。胃内容物は胃の食道側の端を切つてこゝよりしぼり出すか，或は胃壁を切り開いて採取した。購入魚は多くの場合，胃腸特に腸の内容物が僅少である。水揚げ直後の魚類或は市販の魚類の中，鮮度が良好で腸に内容物が比較的充実して居るものを選択した。

Ⅲ 実 験 結 果

（1） 腸の部位による腸内容物のB_{12}含量の差

1955 年6月7日受理 （印刷費負担） 東海区水産研究所業績B第 211 号

腸の部位により腸内微生物の種類，菌数が異るから B_{12} が腸内微生物により生産せられるとしたら，腸内容物の B_{12} 含量は腸の部位により異ることが予想せられる。カツオ，アイゴにつき，腸内容物を腸前部，腸後部（腸の肛門に近い部分）に分けその B_{12} 含量を比較した。その結果を第1表に示す。

Table 1. Regional difference of vitamin B_{12} level in the intestinal contents of fish

(B_{12} level : γ in 100 g fresh matter)

Fish	B_{12} level	
	Anterior intestine	Posterior intestine
カツオ Skip jack *Katsuwonus vagans*	trace	65
アイゴ *Siganus fuscescens*	44	75

第1表のカツオの場合は腸後部の内容物は腸前部の内容物に比し遙かに B_{12} が濃厚であつたが，アイゴの場合は両者の差は少かつた。

（2） 各種魚類の胃及び腸内容物の B_{12} 含量

各種の魚類について測定した胃及び腸内容物の B_{12} 含量及び参考のため一部魚類については同時に測定した肝臓の B_{12} 含量を併せて第 2，3 表に示す。

Table 2. Vitamin B_{12} level in the gastric and intestinal contents of fish (1)

Species of fish	Body length (cm.)	B_{12} level (γ/100 g) gastric content	Intestiman content*	Liver	Locality and date collected
カツオ Skip jack *Katsuwonus vagans*	40	0.9	190		Tsukiji, Tokyo, Oct. 25, 53
	49	0.4	60	2.9	〃 may 24, 54
サンノハベラ Wrasse *Pseudolabrus japonicus*	18.5	3.6	65		manazuru, Kanagawa pref. Jan. 13, 55
	14.5	5.6	90		
アイゴ *Siganus fuscescens*	27.5		75		〃 aug. 6, 54
	24.5		3.2		
マイワシ Sardine *Sardinia melanosticta*	19.5	0.6	8.6		Tsukiji Jan. 29, 54
	19.0	0.5	29		
スズキ Common sea-bass *Lateolabrax japonicus*	15	1.5	23		Tsukishima, Tokyo, nov., 54
マアヂ Horse mackerel *Trachurus japonicus*	14.5	1.1	15		manazuru, mar. 2, 55
カイワリ Jack *Caranx equula*	15	2.9	14	83	〃 〃
ヒラマサ Amber jack *Seriola aureovittata*	63	0.6	9.2	21	Tsukiji, June 29, 54
アユ Sweet smelt *Plecoglosus altivelis*	5.9～11.55 indiv.	2.3	7.3	2.2	Sagami River, Kanagawa pref. Dec. 2, 52

* Determined with samples from the posterior intestine for the most part.

腸の内容物の B_{12} 含量が比較的大きいものを第2表にそれ程大きくないものを第3表に示した。

第2表について見るにカツオ等此の表に含まれるものは腸内容物の B_{12} 含量は胃内容物はもとより時には肝臓より遙かに大なる値を示して居り，腸内容物は fish solubles 製造の際に有力な B_{12} 供給源となり得ると云えよう。腸内容物が胃内容物に比して著しく B_{12} 含量が大であることはその間種々検討すべき点はあるにしても腸内の微生物による B_{12} の生産を示唆するものと思う。

第3表に含まれるヒラメ，カレイ等の例に於ては，腸内容物の B_{12} 含量はそれ程高い値を示さず，場合に

Table 3. Vitamin B_{12} level in the gastric and intestinal contents of fish (2)

Species of fish	Body length (cm.)	B_{12} level (γ/100 g) Gastric content	Intestinal content*	Liuer	Locality and date collected
ヒラメ Flat fish *Paralichthys olivaceus*	45	0.5	1.4		Tsukiji, Oct. 25, 53
	64	——	1.0		manazuru, mar. 3, 54
	34.5	——	4.6		
メイタカレイ Frog flounder *Pleuronichthys cornutus*	22.5	0.5	2.4	2.9	Tsukiji, Jan. 29, 54
チダイ Porgy *Evynnis japoicus*	25	——	0.6		manazuru, mar. 3, 54
サヨリ Half break *Hemirhamphus sajori*	25	5.0	3.6		〃 mar. 2, 55
クロシビカマス *Promethichthys prometheus*	20.8	5.9	5.3		〃 〃
マグロ Blue-fin tuna *Thunnus orientalis*	72	0.3	1.0		Tsukiji, Oct. 25, 53
マサバ Common mackerel *Scomber japonicus*	30	4.3	9.4		〃 〃 〃
	21.5	6.1	4.3		〃 Dec. 21, 〃
	34	0.7	0.2		〃 Dec. 28, 〃
ブリ Yellow tail *Seriola quinqueradiata*	49	——	0.9		〃 〃 〃
	35.5	1.3	1.3	44	manazuru, mar. 3, 54
	35.5	——	9.3		
ウルメイワシ Japanese herring *Etrumeus micropus*	19.2	0.9	1.4		〃 〃 〃
	19.3	1.3	3.9		
	21.2	0.7	2.9		
マトダイ John dory *Zeus japonicus*	31.3	0.3	5.6		〃 〃 〃
カワハギ Trigger fish *monacanthus cirrhifer*		——	3.4	3.4	〃 〃 〃
		——	1.0		
ウシサワラ *Scomberomorus sinensis*		3.2	1.3	1.9	Tsukiji, may, 〃
		0.2	10	1.9	

* See footnote of Table 2

よつては胃内容物の B_{12} 含量に比し殆ど増加を示さない。この事はそれ等の例にあつては腸内に B_{12} 生産菌が少いか或は存在しないことを示すものと推察する。

第 2, 3 表を通じ同一魚類に於ても個体により腸内容物の B_{12} 含量に甚だしい差があるのは餌料により腸内に繁殖する菌相が違つてくるためか，或は他の原因によるものか，この実験の範囲ではいずれとも判断出来ない。

摘　　要

Euglena 法により諸種の魚類について胃及び腸内容物のビタミン B_{12} 含量を測定し次の結果を得た。

（1） 魚類の腸内容物の B_{12} 含量は魚種により又同一魚種に於ても個体により大なる差異が見られる。

（2） カツオ等の場合では腸内容物は胃内容物或は肝臓に比し遙かに大なる B_{12} 含量を示し，腸内微生物

による B_{12} の生産を示唆して居た。これ等の場合，腸内容物は fish solubles 製造に於て重要な B_{12} 源となるものと考える。

（3） ヒラメ，カレイ等では腸内容物の B_{12} 含量は胃内容物の B_{12} 含量に比し大なる増加が見られず，腸内に B_{12} 生産菌が寡少であることを思わしめた。

終りに報文の御校閲を賜った東　秀雄博士に感謝する。

文　献

1） 橋本：本誌，19，899.（1953）.

雑　録

○九州支部例会　昭和30年7月23日　於長崎大学水産学部

1.	水産鑵詰食品の細菌学的研究 （第1報）鰮トマト漬膨ちよう鑵から分離した細菌について	谷口忠敬（長大水）
2.	五島周辺対馬暖流域の浮ゆう性端脚類について	入江春彦（長大水）
3.	九州西海域の「まいわし」の生長と食餌の関係	山下秀夫（西水研）
4.	プランクトンによる「にごり」の発生について	辻田時美（西水研）
5.	今春玄海灘の壱岐近海に発生した「赤潮」について	辻田時美（西水研）
6.	アコヤ貝生殖巣の年変化	藤吉誠一（浮羽中）

○訂　正（ERRATA）

巻	号	頁	行	誤	正
第21巻	第1号	47	下から10行	（脱落）	田村　正
〃	〃	〃	下から3行	（脱落）	武田志麻之輔
〃	〃	51	下から1行	国立水産研究所	国立水質研究所
〃	2号	62	英文下から9行	Calcuated	Calculated
〃	〃	63	Fig. 1の英文説明の下から1行	■……■	■—•—•—■
〃	〃	64	Fig. 2	f. ltrate (1)	filtrate (1)
〃	〃	〃	〃	Body lengtth	Body length (cm)
〃	〃	65	Fig. 3	Log	Log l
〃	〃	〃	Fih. 3の英文説明の上から二行	length (1)	length (l)
〃	〃	〃	上から7行目	n乗と関係	n乗との関係

○受　理

番号	期　日	著　者	表　題
817	1955～2～24	木俣正夫 門田元 畑幸彦	海洋性硫酸塩還元細菌に関する研究—Ⅳ
818	〃～〃～26	〃	〃　〃　—Ⅴ
819	〃～〃～〃	座間宏一 片田宗男 五十嵐久尚	アブラツノザメ肝油について

ニジマス卵の成分と発眼率

平尾秀一・山田充阿彌・菊地嶺
(東海区水産研究所)

日本水産学会誌
第二十一巻 第四号 別刷
昭和三十年八月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 4, August, 1955

ニジマス卵の成分と発眼率

平尾秀一・山田充阿彌・菊地嶺
(東海区水産研究所)

Relation Between Chemical Constituents of Rainbow Trout Eggs and the Hatching Rate

Shuichi HIRAO, Juami YAMADA and Ryo KIKUCHI

In the previous paper it was reported that the contents of iron and a kind of carotenoid-violaxanthin, were low in the eggs sampled from poor hatching broods.

The present work was carried out to see if a similar relation held also for the samples of another source. The samples were supplied from the Fuji Trout Hatchery together with the data of thier hatching rates (Table 1). A part of the eggs of each sample was analyzed of thier chemical composition immediately after fertilization, while the remainders were reared at the Hatchery to observe the developing process.

Also for the present samples, the content of iron was found to be proportional to the hatching rates (Table 2). There is a tendency that vitamin B_2 content in the eggs of high hatching rate is slightly larger than those of low hatching rate (Table 4.).

It should be noted that the yellow pigment in the present samples seems to be different from the one previously reported (violaxanthin), and that the amount of the pigment in the eggs is likely independent of the hatching rate (Tables 3, 4).

緒言

養殖のニジマスの中には親魚の個体により卵の孵化率の甚だ低いものがあるが，この原因の一つは卵中に含まれる或種の成分の欠亡によるものと想像される。著者等は前報[1]に於て発眼期に於けるニジマス卵につき一般分析及びビタミンAとカロチノイドの検索と定量を行い，その結果と浮上率（発眼卵に対する浮上尾数の百分比）とを比較して，浮上率の高い卵にはそうでない卵に比し，鉄及び或種の黄色色素（ビオラキサンチンと推定した）の含量が高い傾向のある事を見出した。

前報に於ける試料卵は栃木県水産指導所より提供されたものであつたが，養魚場を異にする試料についても上記の傾向が存在するかどうかを確かめるため，静岡県富士養鱒場の試料につき同様の実験を行つたのでその結果をのべる。

前報の実験に於ては親魚各個体毎に採卵し，受精発生せしめて発眼期の段階に達した時にその一部を分析用に供し，残りはそのまゝ孵化場にとゞめて発生を続けさせ，幼魚が卵黄嚢を吸収し尽して自ら摂餌する時期まで生存したものゝ数を数えて浮上尾数とし，発眼卵に対する浮上尾数の百分比を以て浮上率とし，それと化学分析結果とを比較したが，今回の実験に於ては分析は採卵受精直後の試料について行い，発生経過の観察は試料卵が発眼期に達した時で打切つた。

卵中の鉄の量は本実験に於ける発眼率（受精卵に対する発眼卵の百分比）とも，直線的関係にある事が認められた。又発眼率の高い卵にはビタミン B_2 含量も稍高いが，他の一般分析値及びA含量と発眼率との直接的関係は認め難く，これらの点は前報の結果と一致している。但しカロチノイドの種類及び含量については前報と異る結果が得られた。

試料

親魚を数尾乃至数十尾づゝ試験区に分ち，採卵受精させてから，各試験区毎に試料卵の一部をとりドライアイスにて凍結させて持ち帰り分析に供した。各試験区に於ける親魚は夫々同年令で且つ同じ養魚池に育つ

1955年7月15日受理（印刷費負担） 東海区水産研究所業績B第218号

たものである。これらの親魚はいづれも富士養鱒場に於て代々飼育せられ，血統的に極めて近いものである。なお参考のために米国種のニジマスの一試料につき同様の実験を行つた。

実　験　結　果

1) **各試料卵の発眼経過**　各試験区別の卵につき富士養鱒場に於て発眼経過を調査された結果は Table 1 の通りである。なお試料番号は発眼率の順序に配列した。

Table 1.　ニジマス卵の発眼成績

Number of rainbow trout eggs by stage and the hatching rate in 1955 season, Fuji Trout Hatchery.

Sample No.	採卵数 Collected eggs (a)	死卵 Dead eggs	不受精卵 Unfertilized eggs	発眼卵 Eyed eggs (b)	発眼率 b/a %	備考 Remarks on the mother fishes.
1	23,000	710	660	21,630	94.0	4才魚 four years old
2	2,500	20	180	2,300	92.0	〃　〃
3	210.000	15,000	5,000	190,000	90.4	5才魚 five years
4	105,000	14,100	5,900	85,000	81.0	4才魚 four years
5	410,000	54,000	51,000	305,000	74.3	3才魚 three years
6	105,000	10,000	30,000	65,000	61.9	6才魚 six years
7	110,000	12,000	33,000	65,000	59.1	〃　〃
8	13,000	4,300	2,300	6,400	49.2	4才魚 four years
9	80,000	30,000	20,000	30,000	37.5	〃　〃
10	17,000	300	1,700	15,000	88.2	米国系ニジマス Recently imported from U.S.A.

2) **卵の一般分析及び無機質**　一般分析及び無機質の値を Table 2 に示す。無機質は試料卵を湿式分解に附し，その分解液につき石灰は滴定法，燐はハイドロキノンと亜硫酸ソーダによる比色法[2]，鉄は O－フェナンスロリンによる比色法[3] により夫々定量した。

Table 2.　ニジマス卵の一般成分

Chemical constituents of rainbow trout eggs.

Sample No.	水分 Water %	全窒素 Total N %	脂質 Fat %	Ca mg %	P mg %	Fe mg %
1	64.1	3.91	5.82	17.9	419	3.06
2	64.6	4.16	4.77	—	415	—
3	63.7	4.24	5.03	17.3	415	1.92
4	63.8	4.34	5.17	26.3	422	1.62
5	64.3	4.27	5.17	45.1	412	1.58
6	65.6	4.30	5.00	63.6	402	0.85
7	64.1	4.13	5.15	—	410	—
8	62.3	4.19	5.67	—	433	0.63
9	65.1	4.13	5.30	—	404	0.25
10	63.4	4.20	5.06	20.0	430	0.99

3) **ビタミンA及びカロチノイド**　卵の鹸化物を前報同様，活性アルミナによる吸着分析に附し次のような画分に分けた。

1. **カロチン画分**　収量が極く少い為，検索及び定量を行わなかつた。

2. **ビタミンA画分**　紫外部吸光曲線の形状はAの吸収極大をあまり明瞭には示さないが，カールプライス試薬により呈色するので，比色法により定量した。

3. **黄色色素画分**　A画分を除いた後で著量の黄色色素が得られる。この画分は前報の試料に於てはビオラキサンチンと推定されたが，今回の試料に於ては何れも前報のものとは吸収極大の位置が異つていた。各溶媒中に於ける吸収極大の位置は Table 3 及び Fig. 1 に示すように，ゼアキサンチンのそれと稍類似しているが，本実験に於てはこれ以上の検索を行わなかつた。定量は一応ゼアキサンチンと見做して KARRER[4] に従つて其量を算出した。

Table 3.　マス卵黄色々素とゼアキサンチン* の比較
Comparison of the yellow pigment obtained from rainbow trout eggs with zeaxanthin*

溶媒 Solvent	色素 Pigment	吸収極大 Absorption maxima λ (mμ)		
CS_2	Zeaxanthin	517	482	450
	マス卵黄色々素 Pigment of rainbow trout eggs	—	480	450
$CHCl_3$	Zeaxanthin	495	462	429
	マス卵黄色々素 Pigment of rainbow trout eggs	490	460	430
Ethanol	Zeaxanthin	483	451	423.5
	マス卵黄色色素 Pigment of rainbow trout eggs	477	450	430

* Quoted from P. KARRER[4]

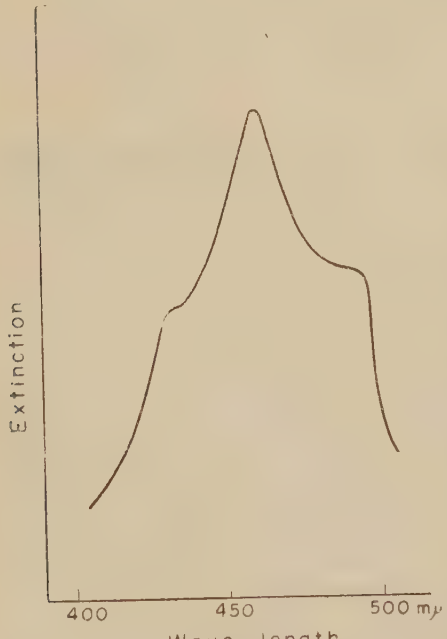


Fig. 1.　ニジマス卵の黄色々素の吸光曲線
Absorption curve of yellow pigment of rainbow trout eggs. (in chloroform)

4. **アスタシン画分**　前報と同様にして定量した*。

4) **ビタミンB_2**　ルミフラビン螢光法により定量した。

以上の結果をまとめて Table 4 に示す。

考　　察

第2表の各種分析値と発眼率とを比較してみると，水分，全窒素，粗脂肪，石灰，燐に於ては発眼率との間に関係が認められないが，鉄の量は発眼率の高いものほど多くなつて居ることが認められる。たゞ米国種のニジマスはこの傾向から稍離れている。浮上率の高い卵ほど鉄含量が高いことは前報に報告したが，発眼についても鉄の含量が影響する事がこれから想像される。このことはニジマス卵の孵化率向上のために，親魚の餌料や飼育方法の改善について，何等かの暗示を与えるものと考える。

他の一般成分及びビタミンA，黄色色素（ゼアキサンチン?），アスタシンの量と発眼率との間には関連が認められない。前報に於ては黄色色素（ビオラキサンチン）の量が浮上率の高い卵には多く，低い卵には少く，両者の間に密接な関係ある如く観察されたが，本報の黄色々素はビオラキサンチンとは異る色素で，又その量と発眼率との間には関係が認められず，此点は今後検討の予定である。

B_2 含量は鉄含量程発眼率と密接な関係は見られないが，第4表に見る如く，試料を 500γ% 以上のものとそれ以下のものとに二大別してみると，500γ 以上のものはすべて発眼率 70 %以上を示し，両者の間に多少の関連がある様に思える。

* アスタキサンチン本実験操作に於ては全部アスタシンに変化していると考えられる。

摘　　要

静岡県富士養鱒場のニジマス卵につき卵中の各種成分と発眼率との関係を調べた。

Table 4.　ニジマス卵の A, B_2 及カロチノイド含量

Contents of vitamin A, B_2 and carotenoides in rainbow trout eggs.

Sample No.	Vitamin A I.U. per 100 g I.U.	Vitamin B_2 γ %	Yellow pigment (Zeaxanthin ?) γ %	Astacene γ %
1	329	510	100.8	197.0
2	310	520	78.3	208.0
3	424	510	86.6	234.0
4	784	510	198.5	126.5
5	620	550	122.5	61.3
6	309	440	66.3	254.0
7	452	450	116.8	270.0
8	542	440	79.2	139.5
9	640	470	145.2	73.3
10	360	510	73.1	240.0

1. 発眼率高き卵には鉄の含量が高く，発眼率と鉄含量は直線的関係にあり，この事はニジマス優良卵の生産の為に親魚の飼育方法につき何等かの暗示を与えるものと考える。
2. 発眼率高き卵は，低き卵に比しビタミン B_2 含量が稍高かつた。
3. 卵の水分，全窒素，粗脂肪，石灰，燐，ビタミンA，アスタシン等と発眼率との間には関連が認められなかつた。
4. 本実験の試料卵に於ける黄色色素は前回の試料卵（栃木県黒磯養鱒場）のものとは別の色素であるらしく，又その含量と発眼率との間には関連が認められなかつた。

本研究に当り終始御指導を賜った東秀雄先生ならびに御協力を賜った静岡県富士養鱒場の方々及び田部井菊子氏に厚く御礼申上げる。

文　　献

1. 平尾秀一，山田充阿彌，菊地　嶺：　本誌，**20**，431-434 (1454).
2. AOAC, 6 th, ed, (1950), p. 127.
3. ibid, p. 95.
4. P. Karrer :　"Carotenoides", Elsvier Publishing Co. Inc., (1950), pp. 184.

魚肉のビタミンAに関する研究 —IV.
魚皮のビタミンA含量

平尾秀一・山田充阿彌・菊地 嶺
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻 第六号 別刷
昭和三十年十月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 6, October, 1955

魚肉のビタミンAに関する研究—Ⅳ. 魚皮のビタミンA含量

平尾秀一・山田充阿彌・菊地 嶺
(東海区水産研究所)

Vitamin A in Fish Meat——Ⅳ. Vitamin A Content in the Skin of Fishes

Shuichi Hirao, Juami Yamada and Ryô Kikuchi

The unsaponifiable matter of the fish skin contains much chromogens which react with antimony trichloride (Table 1).

Therefore, the authors have determined the vitamin A content in the skin of various fishes after removing the chromogens by the alumina chromatography. On many fishes the vitamin A content of the skin were richer than that of the flesh (Table 2). However, the contrary is the case with eel and lamprey (Table 4). The amount of vitamin A in the skin of flounder was much richer on the eyed side than on the blind side (Table 3).

緒 言

既報[1-3]に於て著者等は種々の魚種に就て，魚体の部位，年令，漁期，漁場等による魚肉中のA含量の差異につき述べたが，本報に於ては魚類の皮中のA含量について実験した結果を報告する。

試料の調製

供試魚は出来るだけ鮮度のよいものを用い，皮をはぎ取り，水を注ぎながら皮の裏についた血合肉をヘラや爪で丁寧にこすり落し，水を切つて試料とした。従つて供試魚皮は皮下脂肪層の一部と真皮より成るものである。

なお本実験に於ける試料魚皮は一尾分のものを全量用い，魚体の部位による差異は検索しなかつた。但しヒラメに於ては有眼側と無眼側とを別々に測定した。

A の 定 量

魚皮の不鹸化物は一般にA以外のカロチノイドを多く含み，これらのカロチノイドの中には $SbCl_3$ 試薬に陽性なものが多いため不鹸化物をそのまま比色すると，真のAの値に比し時に過大な値を得る。

著者等はこのA以外の呈色物の影響をさけるため魚皮中のAの定量は次の如くして行つた。

魚皮 5～10g を取り常法通り脱水芒硝とエーテルにて脂質を抽出し，次に鹸化して不鹸化物を 2cc の石油エーテルに溶解し（不溶物があれば濾過す）アルミナクロマトグラフに掛ける。アルミナはメルク製*を用いた。吸着筒は内径 8 mm のガラス管を用い，アルミナ層の厚さは 25 mm とし，色素の含量が多過ぎてA画分がうまく分離できない場合にはアルミナ層の厚さを 50～60 mm とする。

試料の石油エーテル溶液がアルミナ層，入れば直ちに 1%のアセトン石油エーテル溶液 6 cc を流しこれが筒外に流出し終つてから受器を取換えて 5%アセトン石油エーテル溶液 6～8 cc を流せばA画分が得られる。溶媒を真空で除去し比色する。本法によるとA層のすぐ下に褐色を帯びた色素が見られこれがA画

1955 年 9 月 15 日受理 （印刷費負担） 東海区水産研究所業績 B 第 222 号

* Aluminiumoxyd, standardisiert, Al_2O_3, zur chromatographischen Adsorptionsanalyse nach Blockmann.

分に混入して来る場合があるが，通常この色素はAの測定値には大なる影響は及ぼさない。

数種の魚種につき皮の不鹸化物をそのまま比色しその測定値をAとして計算した場合と，前記の如く不鹸化物のA画分をクロマトグラフにより分離して比色した場合との比較を第1表に示す。即ち魚種により不鹸化物そのままの比色値は，A画分のみの比色値の数倍に達する。本実験の範囲では両者の測定値の差はマサバ，アユの皮及びヒラメの有眼側の黒色の皮に於て最も甚しく，フナの皮，及びヒラメの無眼側の白

Table 1. 魚皮不鹸化物より非A呈色物を除いた場合と除かない場合とのA測定値の比較
Comparison of the vitamin A content determined before or after removing non-vitamin A chromogens from the unsaponifiable matter of fish skin.

試料魚皮 Sample of fish.	不鹸化物そのままの比色値をAとして計算した場合 Vitamin A calculated from the color value of whole unsaponifiable matter.		不鹸化物からA画分を分離して比色した場合 Determined on the vitamin A fraction separated from unsaponifiable matter.	
サバ *Pneumatophorus japonicus*	296	I.U.	74	I.U.
アユ *Plecoglossus altivelis*	958		126	
フナ *Carassius carassius*	103		60	
ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 有眼側 Eyed side	590		196	
ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 無眼側 Blind side	95		68	
ウナギ *Anguilla japonica*	1340		1120	

Table 2. 魚の皮と肉のA含量
Vitamin A content in the skin and flesh of fishes.

魚種 Species	体長 Body length	体重 Body weight	皮 Skin			肉 Flesh		
			含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	皮100gのA Vitamin A in 100 g of skin	含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	肉100g中のA Vitamin A in 100 g of flesh
	cm	g	%	I.U./g	I.U.	%	I.U./g	I.U.
マサバ *Pneumatophorus japonicus*	35.8	850	2.09	35.4	74	3.58	9.5	34
トビウオ *Cypselurus spp.*	28.0	270	2.37	34.6	82	0.86	52.3	45
カマス *Sphyraena japonica*	30.0	200	6.92	15.6	108	0.43	98,2	42
クロシビカマス *Promethichthys prometheus*	30.5	180	12.3	42.4	520	14.6	16.0	246
キダイ *Taius tumifrons*	20.5	260	5.05	6.5	33	3.22	5.3	17
タカノハダイ *Goniistius zonatus*	28.0	590	14.7	10.2	150	4.97	11.9	59
カサゴ *Sebastiscus marmoratus*	18.0	210	43.6	6.9	300	1.41	17.7	25
ナマズ *Parasilurus asotus*	32.7	260	5.97	32.1	192	0.36	88.9	32
アユ *Plecoglossus altivelis*	10.4 ～10.0	14.3 ～13.0	3.40	51.8	176	0.97	25.8	25
オイカワ *Zacco platypus*	10.0 ～7.6	17.5 ～7.5	5.86	15.6	91	1.93	19.7	38

色の皮に於ては前者よりも遙に小さくウナギ（但しこの試料は養殖のものである）の皮に於ては一層小さかつた。

結　果

種々の試料につき皮の含油量およびA含量を測定した結果は第2表の如くである。

なお肉のA含量も比較の為に同時に測定した。この場合の肉のA含量は部位による影響をなくするため，魚体の各部から肉を採取し混合して試料とした。

マサバ，トビウオ，カマス，クロシビカマス，キダイ，タカノハダイ，カサゴ，アユ，カマス，オイカワに於ては皮のA含量は肉よりも高く，一般に皮は肉の2倍乃至数倍のAを含んでいる。

Table 3. ヒラメの皮と肉のA含量

Vitamin A content in the skin and flesh of flounder.

Sample No.	体長 Body length	体重 Body weight	体側 Body side	皮 Skin			肉 Flesh		
				含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	皮100g中A Vitamin A in 100 g of skin	含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	肉100g中A Vitamin A in 100 g of flesh
	cm	g		%	I.U./g	I.U.	%	I.U./g	I.U.
1	64.0	4840	有眼側 Eyed side	—	—	243	4.39	21.6	95
			無眼側 Blind side	—	—	111	3.79	15.3	58
2	65.0	4070	有眼側 Eyed side	2.37	82.6	196	2.04	24.5	50
			無眼側 Blind side	2.08	31.2	65	1.61	19.9	32
3	34.5	550	有眼側 Eyed side	1.14	207	236	0.21	77.6	16
			無眼側 Blind side	1.37	78.1	107	0.25	46.8	12

又ヒラメに於ては第3表に示すごとく有眼側の黒色の皮は無眼側の白色の皮よりも2倍以上のAを含んでいる。ヒラメに於ては B_2 含量も有眼側の皮の方が無眼側の皮よりも著しく高いことが鷲野[4]の研究により指摘され，又一般に魚皮の B_2 含量は魚肉よりも高い事が氏の報告からも知られるが，この事は魚体中に於てAと B_2 とが機能上何らかの関連を有する事を想像せしめる。

Table 4. ウナギ及びカワヤツメの皮と肉のA

Vitamin A content in the skin and flesh of eel and lamprey.

Sample	全長 Total length	体重 Body weight	皮 Skin			肉 Flesh		
			含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	皮100g中A Vitamin A in 100 g of skin	含油量 Oil content	油のA濃度 Vitamin A in oil	肉100g中A Vitamin A in 100 g of flesh
	cm	g	%	I.U./g	I.U.	%	I.U./g	I.U.
ウナギ *Anguilla japonica*	55.3	207	12.5	89.6	1120	18.1	137	2480
カワヤツメ *Entosphenus japonicus*	53.0	250	17.8	356	6340	18.5	1265	23400

第4表に示すごとくウナギ，カワヤツメは肉に著しく多量のAを含んでいるが，その皮のA含量は肉よりも遙かに低く，他の一般魚類とは反対の傾向を示している。

摘　　要

1. 魚皮の不鹸化物中には $SbCl_3$ 試薬に陽性な非A物質を多く含むため，A画分を分離してAを定量する必要がある。

2. マサバ，トビウオ，クロシビカマス，キダイ，タカノハダイ，カサゴ，ヒラメ，アユ，ナマズに於ては皮のA含量は肉より高い。

3. ヒラメに於ては有眼側の皮は無眼側の皮の2倍以上のAを含んでいる。

4. ウナギ，カワヤツメに於ては一般の魚種と異り皮は肉よりもA含量が遙かに低い。

本研究に終始御指導を賜つた東秀雄先生に厚く御礼申上げます。

文　　献

1) 平尾秀一，山田充阿彌，菊地　巖；日水会誌 **19** 1047 (1954)
2) 同　上；〃 **20** 736 (1955)
3) 同　上；〃 **20** 853 (1955)
4) 鷲野栄万蔵　ビタミン **6** PP 948～950 (1953)

深海産鮫類肝油の利用に関する研究—XI.
深海産鮫類肝油のビタミンA含量と その分子蒸溜に就て

東　秀雄・金子徳五郎・杉井麒三郎
（東海区水産研究所）

日本水産学会誌
第二十一巻　第六号　別刷
昭和三十年十月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 21, No. 6, October, 1955

深海産鮫類肝油の利用に関する研究—XI. 深海産鮫類肝油のビタミンA含量とその分子蒸溜に就て

東 秀雄・金子徳五郎・杉井麒三郎
（東海区水産研究所）

Studies on Utilization of the Liver Oil of Deep Sea Sharks—XI. Vitamin A content and Molecular-Distillation of the Liver Oil of Deep Sea Sharks

Hideo HIGASHI, Tokugoro KANEKO and Kisaburo SUGII

Upon experiment the vitamin A content in liver oils of *Somniosus pacificus* (Ondenzame) and *Heteroscymnus longus* (Kaeruzame) have been found much higher than those of other species of deep sea sharks (Table 1, 2).

By molecular-distillation of the liver oil of the specimens under a suitable condition, hydrocarbon and vitamin A were well fractionated (Table 3, 4 and Figs. 1～4).

The amount of vitamin A was found to increase through molecular-distillation of the liver oils of *Centrophorus* sp. (Aizame), *Centroscymnus owstoni* (Yumezame), *Centrophorus* sp. (Kindenzame) and mixed liver oil of various deep sea sharks (Table 5).

Adsorption coefficient of these oils became larger by the distillation; maximum of adsorption curve drawn according to the difference between before and after the distillation agreed with that of vitamin A (Figs. 5～8).

It is supposed that these liver oils contain some materials like kitol.

I 緒 言

著者等は前報迄[1-7]に深海産鮫類肝油中の炭化水素含量及びその消長に就て報告した。

本報に於ては，深海産鮫類肝油のビタミンA（以下単にAと記す）含量並びにその分子蒸溜結果を報告する。先に東等[8-10]は鮫類体中に於けるAに就て報告しているがこの中に多くの深海産鮫類も含まれている。一般に深海産鮫類肝油はA濃度が低いが，肝臓が大きく又含油量も多いので肝臓中のAの総量は相当多い場合がある。又既に報告したカエルザメ肝油のように深海産鮫類肝油としてはA濃度が著しく高いものもある。

これら鮫肝油を分子蒸溜して炭化水素とAとの分離を試みたが適当な蒸溜条件に於ては炭化水素とAとは非常によく分離することが判つた。又その中のある種の肝油は蒸溜によってAが増加する。即ちこれらの肝油にキトール様物質が存在することが認められた。

II 実験結果及び考察

1. 深海産鮫類肝油中の A 濃度

深海産鮫類肝油のAに就て先に報告した結果とその後に於て測定した結果とを取纏め第1表に示した。尚A単位の測定にはBeckman光度計を用いた。

各種共相当の個体差があり概してAは薄いがオンテンザメ肝油のようにカエルザメ肝油に匹敵するA濃度を持つものもある。

1955年9月9日受理（印刷費負担）東海区水産研究所業績B第223号

第1表 各種深海産鮫類肝臓のビタミンA含量

Tabie 1. The vitamin A content in livers of various deep see sharks.

魚種 Speciei	試料番号 Sample number	性別 Sex	体長 Body length (cm)	体重 Body weight (gr)	肝臓 Liver 重量 Weight (gr)	肝臓 Liver 含油量 Oil content (%)	肝臓 Liver 油中V.A. V.A. in oil USPU/gr	体重1kg当りの肝臓中のV.A.の総量 Total V.A. in liver per kg of body (USPU)
ユメザメ *Centroscymnus owstoni* GARMAN	1	♀	92	9,500	2,500	82.8	148	32,200
〃 〃	2	♀	95	9,800	1,950	84.5	151	25,400
〃 〃	3	♀	88	7,000	1,320	85.2	472	75,800
〃 〃	4	♀	78	7,600	2,300	75.4	698	159,000
〃 〃	5	♂	63	1,500	490	81.6	4,900	1,310,000
〃 〃	6		55	2,900	560	83.0	2,460	395,000
〃 〃	7	♀	71	3,600	920	76.4	400	78,000
〃 〃	8	♀	74	4,200	1,020	85.7	256	53,300
〃 〃	9	♀	89	9,800	3,020	78.3	1,660	439,000
ヘラツノザメ *Deania* sp.	10	♂	58	1,200	220	83.0	203	30,900
〃 〃	11	♀	89	7,600	1,420	83.4	87	13,600
〃 〃	12	♀	105	8,900	1,450	86.0	792	111,000
〃 〃	13	♀	100	7,400	1,200	89.2	168	24,400
〃 〃	14	♀	102	7,000	1,150	87.0	352	50,200
〃 〃	15	♀	105	8,000	1,250	84.6	576	76,200
〃 〃	16	♀	100	8,100	1,300	85.8	823	113,000
〃 〃	17	♀	100	7,200	1,200	84.8	211	32,300
〃 〃	18		90	5,000	1,000	86.5	200	34,600
〃 〃	19	♀	100	5,200	1,460	85.7	246	59,200
アイザメ *Centrophorus* sp.	20	♀	89	8,000	1,700	86.2	303	55,500
〃 〃	21	♂	97	9,000	2,100	86.7	875	177,000
〃 〃	22		98	9,000	2,100	86.2	472	95,000
〃 〃	23		90	8,000	2,700	82.0	4,960	1,370,000
〃 〃	24	♂	69	3,800	1,000	84.3	521	116,000
〃 〃	25	♂	80	6,000	1,300	79.5	398	66,900
キンデンザメ *Centrophorus* sp.	26	♂	92	6,200	1,580	84.2	598	128,500
オキナザメ *Centrophorus steindachneri* (PIETSCHMANN)	27		71	4,000	855	80.3	2,100	360,000
ヨロイザメ *Dalatias licha* (BONNATERRE)	28	♀	131	24,300	5,820	76.8	200	36,800
オンデンザメ *Somniosus pacificus* (BIGELOW et SCHROEDER)	29	♂	87	5,100	980	75.1	15,400	2,120,000
カエルザメ *Heteroscymnus longus* TANAKA	30	♀	126	19,500	3,500	80.6	6,760	979,000
〃 〃	31	♀	106	15,000	1,600	81.5	10,400	938,000
〃 〃	32	♂	87	5,600	820	81.5	16,200	1,931,000
〃 〃	33	♂	83	4,900	800	79.0	6,660	860,000
ビロードザメ *Scymnodon squamulosus* (GUNTHER)	34		37	500	92	75.0	848	117,000
〃 〃	35	♀	55	1,800	250	79.6	1,116	123,300
〃 〃	36		39	600	120	84.5	1,410	238,000
〃 〃	37		35	500	82	81.1	1,340	179,800
〃 〃	38	♀	40	700	112	75.3	880	106,000
モミジザメ *Lepidorhinus foliaceus* (GUNTHER)	39		33	430	69	75.0	96	11,500
カラスザメ *Etmopterus pusillus* (LOWE)	40		41	900	170	75.5	2,260	331,000
〃 〃	41		45	900	210	78.8	887	163,000
カスミザメ(混合) *Centroscyllium ritteri* JORDAN et FOWLER)	42	Mixture		180～490	Total 600	75.0	630	——
〃 〃	43	〃		20～200	Total 220	76.3	652	

又，深海産鮫類に於ては，体重 1 kg 当りの肝臓中の A 量は一般に少いけれども，第 1 表に於けるユメザメの試料番号 5, 6 及び 9, アイザメの 23, オンデンザメ及びカエルザメ (30～33) 等は比較的 A 量が多い。

試みに，アブラツノザメ *Squalus suckleyi* 及びシュモクザメ *Shyrna zygaena* の体重 1 kg 当りの A 量（第 2 表）と上述の例とを比較すると A 量に於て何等の遜色を認められない。

第 2 表 アブラツノザメ及びシュモクザメの体重 1 kg 当りのビタミン A 量

Table 2. The amount of vitamin A per kg of body of *Squalus suckleyi* and *Shyrna zygaena*

鮫の名前 Species	鮫の体重 Body weight (kg)	体重 1 kg 当りのビタミン A 量 Total vitamin A per kg of body (USPU)
アブラツノザメ *Squalus suckleyi*	1 kg 内外 Approx. 1 kg	100,000
	4 kg 内外 Approx. 4 kg	500,000
	6 kg 内外 Approx. 6 kg	800,000～4,000,000
シュモクザメ *Shyrna zygaena*	41.2	635,000
	101.0	3,130,000

2. 深海産鮫類肝油の分子蒸溜

一般に深海産鮫類肝油中には著量の炭化水素を含むことからこれらの中比較的 A 濃度の高いものに就て分子蒸溜を行い，最初炭化水素を溜出せしめ，次いで炭化水素を殆ど含まぬ A 溜分を得んとして次の蒸溜試験を行つた。

i) カエルザメ肝油の分子蒸溜

焼津産カエルザメの肝臓より炒取法により採取した油を試料とし分子蒸溜を行つた*。真空度 10^{-3}～10^{-4} mm/Hg で流下速度は毎分 120～150 滴とした。この実験では一定温度に於ける蒸溜は蒸溜筒を 1 回通すだけに止めた。

第 3 表 カエルザメ肝油の分子蒸溜

Table 3. Molecular distillation of liver oil of *Heteroscymnus*

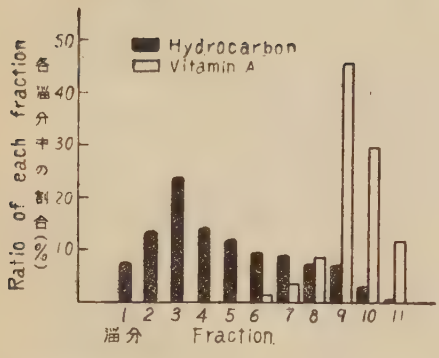
Sample	Temperature of bath (°C)	Yield (gr)	Refractive index (40°C)	Unsap. matter (%)	Vitamin A content (USPU/gr)	Hydrocarbon (%)
Oil befor distillation		677	1.4678	35.9	3,730	13.4
1st Fraction	130～140	12	1.4743	63.7		47.3
2nd 〃	140～150	12	1.4805	85.4		76.3
3rd 〃	150～160	21	1.4850	92.7		86.3
4th 〃	160～170	12	1.4860	92.2		85.1
5th 〃	170～180	10	1.4880	95.8		88.6
6th 〃	180～210	8	1.4880	92.5	3,140	85.1
7th 〃	210～230	8	1.4880	90.3	8,920	82.3
8th 〃	230～250	8	1.4850	79.2	23,600	63.9
9th 〃	250～270	23	1.4767	49.1	39,400	21.6
10th 〃	270～290	59	1.4674	29.7	10,300	2.4
11th 〃	290～300	132	1.4650	25.7	1,800	0.4
Residue		287	1.4648	26.5		0.3

第 3 表の結果から各溜分の炭化水素及び A の量を算出し炭化水素及び A の全量を夫々 100 とした各溜分の割合を第 1 図に示す。尚炭化水素は著者等の方法[12]で定量した。

図に示す通りこの条件で蒸溜すれば炭化水素は第 3 溜分が最高で第 4 溜分から漸減の傾向を示し一方 A は第 6 溜分にはじまり第 9 溜分を最高とし漸減する。第 2 図は各溜分迄の累計を示したものである。

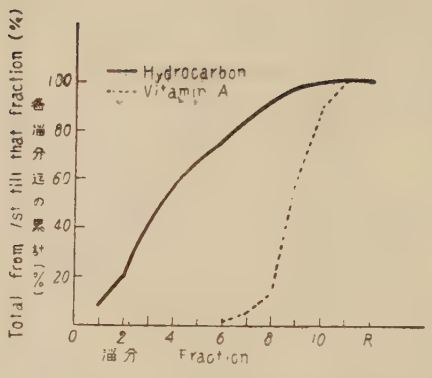
図に見るように A が溜出し始める第 6 溜分迄に炭化水素はその 75 % を溜出した丈で尚 25 %程度が A 溜分に含まれることになる。この蒸溜試験の結果は A と炭化水素とは大体分別出来るが尚両者の分離良好

* 本研究の分子蒸溜には (i), (ii) に於ては東芝製 1 kg 仕込流下式分子蒸溜器を (iii) に於ては Breger 式小型分子蒸溜器[11]を使用した。



第1図 カエルザメ肝油分子蒸溜の際の各溜分中の炭化水素及びビタミン A の全溜出量に対する割合

Fig. 1. Ratios of hydrocarbon and vitamin A obtained from each fraction in their total distillates when the liver oil of *Heteroscymnus longus* was molecularly distilled.



第2図 カエルザメ肝油分子蒸溜の際の各溜分迄の炭化水素及びビタミン A の溜出状態

Fig. 2. Cumulative molecular-distillation of hydrocarbon and vitamin A obtained by each fractions from the liver oil of *Heteroscymnus longus.*

とは云えない。

ii) 混合鮫肝油の分子蒸溜

i) の蒸溜条件では炭化水素と A との分離が不充分であつたので蒸溜条件を変えて分子蒸溜を行つた。試料は数種の深海産鮫類肝油の混合物を使用した。この回の蒸溜では一定温度で溜出するものを徹底的に採りその温度に於ては殆ど溜出を見なくなつてから，蒸溜温度を上げて次の溜分の蒸溜に移るようにした。真空度，流量等はカエルザメ肝油の場合と等しい。蒸溜結果を第4表に示す。

第4表 混合深海鮫肝油の分子蒸溜

Tabie 4. Molecular-distillation of mixed liver oil of various deep sea sharks.

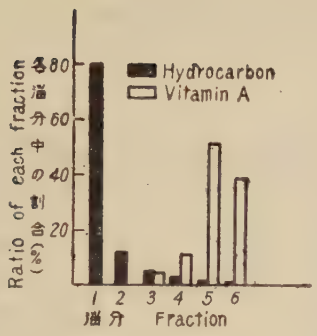
Sample	Temperature of bath (°C)	Yield (gr)	Refractive index (40° C)	Unsap. matter (%)	Vitamin A content (USPU)	Hydrocarbon content (%)
Oil before distillation	——	1,216	1.4800	69.5	1,440	57.8
1st Fraction	~160	559	1.4877	96.7	—	93.4
2nd 〃	160~180	82	1.4889	97.6	—	94.5
3rd 〃	180~200	34	1.4875	97.1	2,180	92.5
4th 〃	200~230	13	1.4870	91.6	14,530	81.4
5th 〃	230~250	29	1.4739	56.5	48,400	29.9
6th 〃	250~270	202	1.4654	26.1	12,100	0.4
7th 〃	270~290	100	1.4645	23.2	—	0.2
Residue		108	1.4670	21.6	—	—

第4表の結果から各溜分の炭化水素及び A の量を算出し炭化水素及び A の全量を夫々 100 とした時の各溜分の割合を第3図に，各溜分迄の累計を第4図に夫々示した。

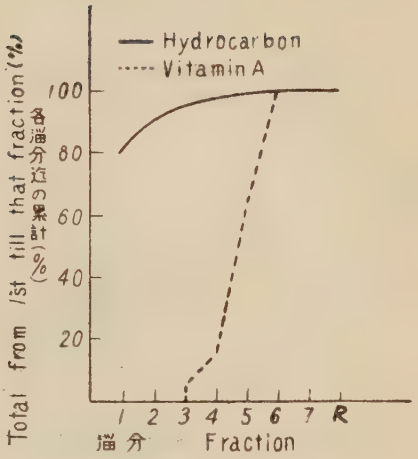
図に示す通り A の溜出し始まる第3溜分で既に炭化水素の 95%以上が溜出しており，従つて各溜分を分ける時，一定温度で殆ど溜出しなくなる迄保つて次の溜分に移るようにすれば，炭化水素と A とを大体分離出来ることが判つた。

iii) 分子蒸溜による A の増加

鯨肝油を分子蒸溜するとキトールが分解してビタミン A となり，蒸溜前よりも蒸溜後の方が A が増加することは既に報告されている[13]等。i) の試料（カエルザメ肝油）は蒸溜後に A の増加は認められないが，ii) の試料（混合肝油）は蒸溜後に A が増加している。試みにアイザメ，キンデンザメ及びユメザメの肝油を夫々分子蒸溜して蒸溜前後の A を比較した結果を第5表に示す。



第3図 混合鮫肝油分子蒸溜の際の各溜分中の炭化水素及びビタミン A の全溜出量に対する割合
Fig. 3. Ratios of hydrocarbon and vitamin A obtained by each fraction to their total distillates when the mixed liver oil were molecular- distilled.



第4図 混合鮫肝油分子蒸溜の際の各溜分に於ける炭化水素及びビタミン A の溜出状態
Fig. 4 Cumulative molecular-distillation of hydrocarbon and vitamin A obtained by each fractions from the mixed liver oil of various deep sea sharks.

第5表 深海産鮫肝油の分子蒸溜前後のビタミン A 濃度の比較
Table 5. Comparison of vitamin A contents between before and after molecular distillation.

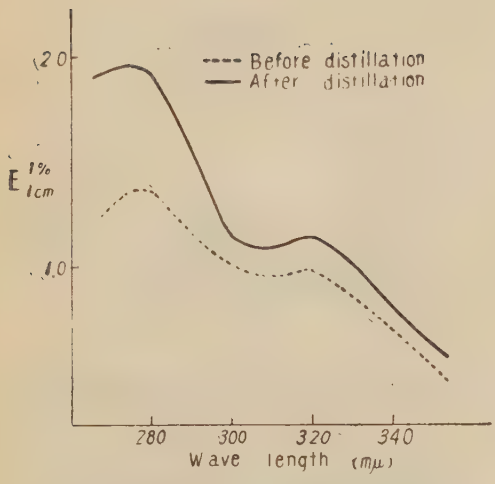
鮫肝油名 Name of shark liver oil		ビタミンA単位 Vitamin A unit (I.U./g) 蒸溜前 Before distillation (A)	蒸溜後 After distillation (B)	B/A×100
アイザメ Aizame	*Centrophorus* sp.	440	540	123
キンデンザメ Kindenzame	*Centrophorus* sp.	580	620	107
ユメザメ Yumezame	*Centroscymnus owstoni*	140	170	121
混合 Mixturue		1,440	1,990	138

第5表に見るようにこれらの肝油ではいずれも分子蒸溜によつて A が増加しており，これらの肝油中にキトール様物質の存在が想像される。

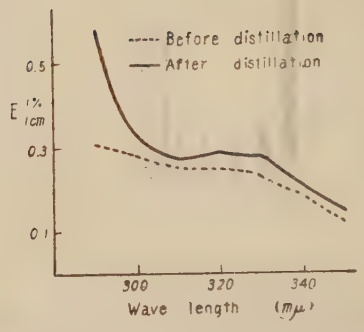
iv) 分子蒸溜前後の紫外部吸収曲線の比較

前項に述べた肝油の中，混合肝油及びアイザメ肝油について蒸溜前の吸収曲線を蒸溜後(一旦蒸溜した各溜分及び残渣を合一したもの)の吸収曲線と比較した処，蒸溜後の方が吸光係数は増大し，(第5，第6図) 試みに前後の差をとつて見ると (第7，第8図) 両例共に 328 mμ に極大値を有する曲線が得られる。この極大値における波長は A の場合と等しく，吸光係数増大の主な原因は A の増加にありと認められる。即ちこれら肝油中のキトール様物質が分子蒸溜により分解して A が新生したものと思われる*。

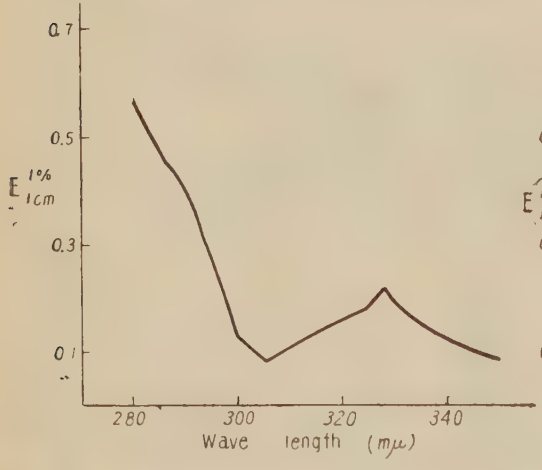
* さきに東等[14] はキトールを含む白長須鯨肝油を毛細管中に入れ加熱試験を行いキトールが分解して A を生成する条件としては 210°C 1分；230°C 1分；250°C 1/2 分が良好であるとした。これらの条件下に加熱したこの鯨肝油の加熱前後の吸光係数の差を求めて見ると深海産鮫肝油の分子蒸溜前後の吸収の差と同様に夫々 328 mμ に吸収極大を有する。



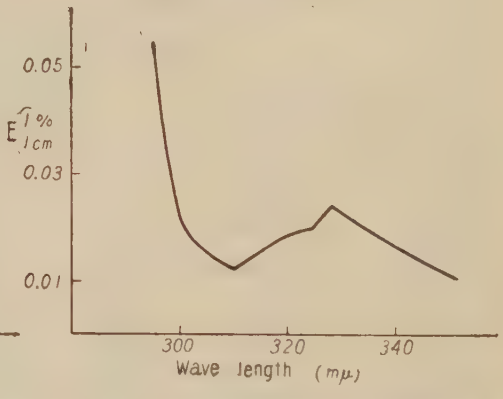
第5図 混合鮫肝油分子蒸溜前後の吸収曲線
Fig. 5. Adosorption curves of the mixed liver oil of various sharks before and after molecular distillation.



第6図 アイザメ肝油分子蒸溜前後の吸収曲線
Fig. 6. Adsorption curves of the liver oil of *Centrophorus* sp. before and after molecular distillation.



第7図 混合鮫肝油分子蒸溜前後の吸収曲線の差
Fig. 7. Adsorption curve drawn by the difference between before and after molecular distillation of mixed liver oil.



第8図 アイザメ肝油分子蒸溜前後の吸収曲線の差
Fig. 8. Adsorption curve drawn by the difference between before and after molecular distillation of liver oil of *Centrophorus* sp.

Ⅱ 摘　　要

1. 各種深海産鮫類肝油のビタミンA含量の測定を行い，オンデンザメ肝油はカエルザメ肝油と同様にA濃度が高いことを見出した。

2. カエルザメ肝油及び混合肝油について分子蒸溜を行い，炭化水素とAは良く分離することを見出した。

3. アイザメ，ユメザメ，キンデンザメ及び混合の4種の深海産鮫類肝油では分子蒸溜前よりも後の方がAの量が増加する事実を認めた。

4. アイザメ肝油及び混合鮫肝油について夫々蒸溜前後の吸収曲線を比較し処，蒸溜後に吸光係数が増大

し，両者の差の曲線の極大値は A のそれに一致する。即ちこれら深海産鮫類肝油にはキトール様物質が存在する。

文　　献

1) 東秀雄，金子徳五郎，杉井麒三郎：日水誌 **19**, 836～850 (1953).
2) 同上　　：日水誌 **19**, 851～861 (1953).
3) 同上　　：同上　**19**, 862～867 (1953).
4) 同上　　：同上　**20**, 323～327 (1954).
5) 同上　　：同上　**20**, 625～626 (1954).
6) 同上　　：同上　**20**, 627～632 (1954).
7) 同上　　：同上　**20**, 633～640 (1954).
8) 東秀雄，平尾秀一，清水和子，山田充阿彌，菊地嶺：同上 **18**, 310～318 (1953).
9) 同上　　：同上 **18**, 349～352 (1953).
10) 東秀雄，平尾秀一，山田充阿彌，菊地嶺：ビタミン **7**, 158～162 (1954).
11) I. A. Breger: Anal. Chem. **20**, 980 (1948).
12) 東秀雄，金子徳五郎，杉井麒三郎：日水誌 **18**, 397～420 (1953).
13) 平尾秀一，衣巻豊輔，清水和子：　同 上 **15**, 615～619 (1950).
14) 東秀雄，平尾秀一，新間彌一郎：鯨肝油異常性の究明に関する研究報告（捕鯨船舶装備改善委員会）p. 60 (1950).